Lithiumionen gegen Depressionen: Ist die Tagesuhr an endogenen Depressionen beteiligt? Experimente auf Spitzbergen

Wolfgang Engelmann
Institut für Botanik, Tübingen

Tübingen, Dezember 2010



Dieses Buch wurde mit LYX geschrieben. Es ist ein professionelles System, um mit einem Computer Dokumente zu erstellen. Es verwendet LATEX, das am weitesten verbreitete und beste Textsatzsystem (siehe http://www.lyx.org/). Vektorgrafik wurde mit xfig unter Linux erstellt. Für Diagramme wurde Pyxplot verwendet.

Danksagung auf Seite 139

Anders Johnsson zu seinem 70. Geburtstag gewidmet,
und zum Andenken an Burkhard Pflug, der am 4. März 2009 starb



> ***Die Naturwissenschaft braucht der Mensch zum Erkennen, den Glauben zum Handeln***
>
> ***Max Planck***

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Vorwort

In diesem Buch wird ein Experiment beschrieben, mit dem ein wissenschaftliches Problem gelöst werden sollte. Eine relativ spezielle Frage hatte unsere Aufmerksamkeit und Phantasie auf sich gezogen, aber die Antwort könnte sehr wohl von praktischem Interesse sein. Die Art, wie wir so ein Problem angehen, beinhaltet Methoden und Vorgehensweisen, die denen ähnlich sind, wie sie in Kriminalromanen geschildert werden. Deshalb hier ein kurzer Kommentar zur Arbeit eines Detektivs:

Wissenschaft ist für viele Leute ein Buch mit sieben Siegeln. Sie glauben, ein Wissenschaftler ist auf ein bestimmtes Gebiet spezialisiert, benutzt ausgefallene Methoden und komplizierte Geräte und als Laie versteht man sowieso nicht, was er oder sie tut. Dabei ist das, was ein Wissenschaftler tut, oft sehr aufregend: Er versucht, eines der vielen Rätsel der Natur zu lösen.

Dabei geht er ähnlich vor wie ein Detektiv, der einen Kriminalfall aufklären will. Dieser wird die Befunde sehr eingehend studieren, die Beteiligten befragen, die Tatgegenstände sichten. Er wird sich überlegen, warum wohl die Tat begangen wurde, wer dafür in Frage kommen könnte. Er wird sich dann aus all diesen Informationen und Überlegungen ein Bild machen, wie das Verbrechen ablief. Wenn die Befunde nicht eindeutig genug waren, wird er nach verschiedenen Erklärungen suchen. Diese "Hypothesen", wie ein Wissenschaftler sagen würde, muss er nun überprüfen. Stimmen sie mit den Befunden überein? Wo gibt es Unstimmigkeiten? Gibt es Tatsachen, Aussagen, Hinweise, die mit den Hypothesen nicht übereinstimmen? Oder die sogar gegen die Hypothesen sprechen? Ein guter Detektiv wird dabei vor allem auf Indizien achten, die *gegen* die Hypothesen sprechen. Solch ein negativer Befund kann nämlich die ganze Hypothese oder sogar mehrere Hypothesen über den Haufen werfen. Ein positiver Befund macht dagegen die Hypothese nur etwas wahrscheinlicher. Es müssen dann weitere Hinweise gefunden werden, dass die Hypothese richtig war. Hypothesen widerlegen ist also ein schnellerer und wirksamerer Weg, um einen Fall zu lösen.

Ähnlich geht auch ein Wissenschaftler vor. Er beschäftigt sich mit Vorgängen in der belebten und unbelebten Natur, beobachtet, liest Bücher und Artikel, hört Vorträge von anderen Wissenschaftlern und spricht mit diesen. So findet er ein Problem, das er gern verstehen möchte. Wie ein Detektiv wird er sich zunächst die Grundlagen des Problems (Kriminalfall) genau ansehen. Er wird beobachten, untersuchen, messen, notieren, überlegen, prüfen und schließlich verschiedene Lösungen ins Auge fassen. Wie bei einem Detektiv fängt auch bei ihm jetzt erst die eigentliche Arbeit an: Wie kann er die verschiedenen Hypothesen kritisch testen? Wie kann er sie widerlegen, sodass nur noch wenige Hypothesen übrig bleiben, bis dann vielleicht nur eine einzige Erklärung als die richtige in Frage kommt?

Reine Wissenschaft kann auch für das Alltagsleben von großer Bedeutung werden.

Viele Menschen verstehen nicht, wie sich ein Wissenschaftler sehr lang und sehr intensiv mit einem Thema beschäftigen kann.

Meistens ist es auch noch sehr abstrakt und speziell. Sie fragen sich dann wohl auch, was aus den Ergebnissen so einer wissenschaftlichen Untersuchung für sie persönlich oder für andere Menschen herausspringt. Das gilt vor allem für Untersuchungen in der "reinen Wissenschaft". Bei der "angewandten Wissenschaft" sieht man direkt den Nutzen für die Menschheit. Wenn eine neue, ertragreichere Getreidesorte gezüchtet worden ist, haben die Menschen etwas davon. Als aber Heinrich Hertz sich mit elektromagnetischen Wellen beschäftigte, ahnte weder er noch andere, dass heutzutage fast in jedem Haushalt ein Radio stehen wird und unsere Gesellschaft ohne diese Erfindung ganz anders wäre.

Auch unsere Untersuchungen sollten zunächst eine sehr spezielle Frage beantworten. Sie führten dann aber zu Ergebnissen, die vielleicht einmal für die Behandlung bestimmter Krankheiten wichtig werden können.

Eine Einführung und Übersicht

Ein kurzer Rückblick auf meine Studentenzeit soll erklären, warum ich mich schon damals für das Phänomen Depression interessierte, ein zentrales Thema dieses Buches. Viele Menschen kennen das: Ein Lehrer oder ein Bekannter, die uns begeistern, oder eine unglückliche oder kranke Person, die bewußt oder unbewußt unsere Entscheidungen im Leben beeinflussen wie zum Beispiel die Wahl des Studiums oder der Arbeit.

Es war im Sommer 1960. Ich arbeitete am botanischen Institut in Tübingen an meiner Doktorarbeit (siehe http://w210.ub.uni-tuebingen.de/volltexte/2009/3800/).
Um für meinen Lebensunterhalt Geld zu verdienen, hatte ich vorher für Professor Faber an der Forschungsstelle für Bioakustik von der Max Planck Gesellschaft in Tübingen Heuschrecken in verschiedenen Ländern Europas gesammelt. Faber untersuchte die Gesänge der Heuschrecken. Er hatte mich gebeten, in die Pyrenäen und nach Andorra zu fahren, um dort nach Grashüpfer-Arten der Gattung *Chorthippus* zu suchen, deren Gesänge er studieren wollte.

Da ich mich auf meine Prüfung vorbereiten musste, passte mir der eilige Termin sehr schlecht. Ich schlug deshalb vor, Enno M. zu fragen. Ich hatte ihn bei einer Freizeit der evangelischen Studentengemeinde Tübingen mit der Studentengruppe der Universität Jena im Thüringer Wald kennengelernt. Er war etwas später nach Westdeutschland gekommen, hatte in Tübingen sein Zoologie-Studium fortgesetzt und eine Doktorarbeit begonnen.

Professor Faber war einverstanden und Enno fuhr nach Andorra. Von dort erhielt Faber eine Sendung mit Heuschrecken. Aber die Tiere waren alle tot, weil Enno Kartoffelstücke statt Gras in den Karton getan hatte. Die Heuschrecken waren von den Kartoffeln erschlagen worden. Faber hatte außerdem einige Telefonanrufe von Enno aus Andorra bekommen, die ihn sehr beunruhigten. Er bat mich, nach Andorra zu fahren und Enno nach Tübingen zu schicken.

Mir war es sehr peinlich, weil ich ja Enno vorgeschlagen hatte und Professor Faber sehr viel Geld ausgegeben hatte, um die Tiere für seine Untersuchungen zu bekommen. Ich fuhr also mit dem Zug nach Perpignan und von dort mit dem Bus nach Andorra (Abbildung 0.1). Ich erinnere mich an eine abenteuerliche Fahrt über den Pass de la Case (über 200 m hoch) und an einen Lastwagen vor uns, der auch in die Stadt Andorra hinunterfuhr. Am Steuer stand ein Junge. Sitzen konnte er nicht, er war zu klein.

Im Hotel der Stadt, in dem Enno übernachtete, erfuhr ich, dass er am Morgen aufgebrochen war, um Heuschrecken zu fangen. Er sei mit dem Bus zum Pass gefahren, den der Bus überquert hatte, mit dem ich kam. Ich fuhr mit dem nächsten Bus zurück und ging von dem Pass aus in die Bergwiesen. Bald fand ich Enno, wie er mit nacktem Oberkörper (es war hundekalt!) und einem Schmetterlingsnetz wild um sich

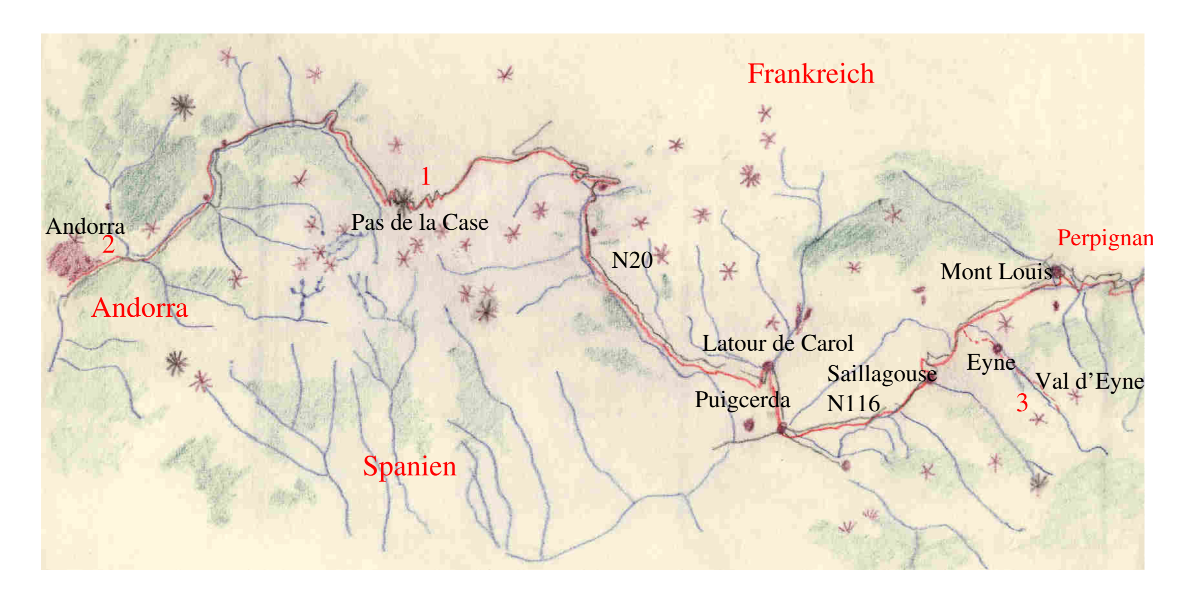


Abbildung 0.1: *Karte von Andorra und Teil der Pyrenäen. 1 Pass de la Case, 2 Andorra, 3 Val d'Eyne. Nach einem Teil der Carte Michelin nr 86, Luchon-Perpignan 1:200 000 vom Autor gezeichnet*

schlagend ziemlich wahllos Insekten fing und sie in ein Marmeladenglas stopfte. Von mir nahm er kaum Notiz. Er war in seinem wirren Tatendrang kaum zu bändigen. Professor Faber hatte mir vor meiner Abreise nochmals die Arten der Heuschrecken beschrieben, die er haben wollte. Ich konnte dann auch genügend Exemplare fangen und fachgerecht verpacken.

Wir fuhren dann zusammen nach Eyne zwischen Saillagouse und Mont Louis und liefen von dort in das Val d'Eyne, einem Tal unterhalb des Puigmal. Dort sollten wir noch eine besondere Heuschreckenart fangen. Leider hatte das Wetter umgeschlagen und in dem mittleren und oberen Teil des Tales hatte es geschneit. Die Heuschrecken hatten sich verkrochen und wir mussten warten. Unsere Lebensmittel waren bald aufgegessen. Wasser gab es genug im Bach. Zum Übernachten fanden wir einen Heuschober mit Heu. An Schlaf war allerdings kaum zu denken. Enno war voll von Energie, erzählte dauernd und diskutierte philosophische Fragen. Für mich war das erst eine Herausforderung, aber mit der Zeit eine immer schwierigere Zumutung, da Enno offenbar kein Schlafbedürfnis hatte. Wir warteten noch zwei Tage, aber das Wetter blieb schlecht. Enno war inzwischen am Ende seiner Kräfte, und ich auch. Da wir auch sehr hungrig waren, schickte ich Enno ins Tal. Er sollte dort mit dem Bus nach Perpignan und per Zug zurück nach Tübingen fahren, um die bereits in Andorra gesammelten Tiere abzuliefern. Ich selbst blieb noch zwei Tage, bis das Wetter wieder warm wurde, die Heuschrecken sich wieder zeigten und ich genügend fangen konnte. Es lag mir sehr am Herzen, dass Professor Faber zu seinen Studienobjekten kam.

In Tübingen erfuhr ich dann, dass Enno unter Depressionen litt. Sie ist die häufigste psychische Erkrankung und kommt bei etwa 4 % der Bevölkerung vor (das Bundesgesundheitsministerium schätzt, dass vier

Millionen Deutsche von einer Depression betroffen sind und dass gut zehn Millionen Menschen bis zum 65. Lebensjahr eine Depression erlitten haben, Brakemeier et al. (2008)). Etwa doppelt so viel Frauen leiden unter Depressionen wie Männer. Im Kindesalter ist die Krankheit selten (bei Vorschulkindern weniger als 1 %, bei Schulkindern 2–3 %, bei Jugendlichen 7–13 %).

Enno ging später mit seinem Doktorvater nach Würzburg. Und von dort erreichte mich eines Tages von einem Kollegen die Nachricht, Enno habe sich das Leben genommen. Das war meine erste direkte Erfahrung mit einer Depression. Aber über diese Krankheit später mehr.

Ich habe diese Geschichte erzählt, weil sie mich sehr berührt hat. Seither hat mich das Rätsel dieser Krankheit sehr interessiert. Viele Wissenschaftler werden durch solche persönlichen Erfahrungen bei ihren Untersuchungen beeinflusst.

1 Blütenuhr *Kalanchoe* und Lithiumionen

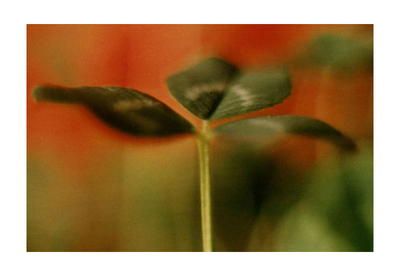



Abbildung 1.1: *Weißklee in Tag- (links) und Nachtstellung (rechts). Die beiden vorderen Fieder legen sich in der Nacht zusammen, das hintere Blatt steht darüber. Aus Mayer (1977)*

Über Tagesrhythmen, eine Blumenuhr und was das mit Depressionen zu tun hat.

Wir Menschen verbringen wie die meisten höheren Tiere unseren Tag mit Wachen und Schlafen. Der Schlaf dauert beim Erwachsenen etwa acht Stunden. Manche Menschen brauchen mehr, andere weniger Schlaf. Mit diesem Wechsel zwischen Ruhe und Aktivität ändern sich auch viele andere Vorgänge im menschlichen und tierischen Körper.

Weniger bekannt ist, dass auch Pflanzen einen Tagesrhythmus haben. Er ist aber leicht an Schmetterlingsblütlern zu sehen: Sie heben und senken ihre Blätter im Laufe eines Tages. Am besten kannst Du Dir das an einem Klee von der Wiese ansehen. Grabe ihn mit Wurzeln und Erde aus, setze ihn in einen Blumentopf und halte ihn am Fenster. Wenn Du die Blattstellung am Tag und in der Nacht vergleichst, sieht es aus wie in der Abbildung 1.1. Am Tage sind die Blätter waagerecht ausgebreitet, nachts zusammengeklappt.



Abbildung 1.2: *Blühendes Feuriges Käthchen* (Kalanchoe blossfediana*), mit zahlreichen roten Blüten, die am Tag geöffnet sind und sich nachts schliessen (siehe Abbildung 1.3)*

Auch Blütenblätter können sich im Tag-Nacht-Rhythmus bewegen. Um die Weihnachtszeit kann man bei uns in Blumengeschäften das feurige Käthchen kaufen. Diese Pflanze stammt aus Madagaskar und heisst wissenschaftlich *Kalanchoe blossfeldiana*. Sie hat viele kleine rote Blüten (Abbildung 1.2).

Am Tage sind die Blüten geöffnet, nachts geschlossen (Abbildung 1.3). Selbst wenn man einzelne Blüten vom Blütenstand abschneidet, bewegen sie sich weiter im Tagesrhythmus, wenn sie in einer Zuckerlösung montiert werden. Die Zuckerlösung liefert

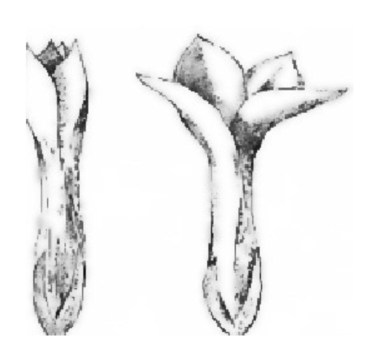


Abbildung 1.3: Kalanchoe-*Blüten in der Nacht (links) und am Tage (rechts). In der Nacht sind die Blütenzipfel nach oben gebogen, sodass die Blüte geschlossen ist. Am Tage biegen sich die Zipfel nach außen: Die Blüte öffnet sich*

den Blüten Energie (http://w210.ub.uni-tuebingen.de/volltexte/2009/3800/).

Die Blüte besteht aus einem Blütenkelch, einer Blütenröhre und vier Blütenzipfeln. Ein Querschnitt durch ein Blütenblatt (siehe Abbildung 1.4) zeigt etwa zehn übereinander liegende Zellschichten. Die oberste wird von rot gefärbten Papillenzellen gebildet (obere Epidermis). Die untere besteht aus eng miteinander verbundenen Zellen (untere Epidermis). Die dazwischen liegenden Zellen haben grosse Vakuolen. Sie sind für die Bewegung der Blüten verantwortlich und heissen deshalb *Motor*zellen. Am Tag sind ihre Vakuolen wie ein voller Luftballon prall und dehnen die Zellen in der Längsrichtung. Dadurch öffnen sich die Blüten. In der Nacht sind die Motorzellen geschrumpft, die Vakuolen klein, und die Zellen dadurch kürzer. Die Blütenblätter schließen sich. Die physiologischen Grundlagen dieses Vorgangs sind noch nicht völlig aufgeklärt.

Soviel zum Mechanismus der Blütenblattbewegung. Aber wie wird das Öffnen und Schließen der Blüten zeitlich geregelt?



Abbildung 1.4: *Ein Längsschnitt durch ein Blütenblatt zeigt eine obere Schicht sogenanter* Epidermiszellen*, die papillenförmig gebaut sind. Sie sind rot gefärbt. Darunter sind mehrere Schichten sogenanter* Parenchymzellen*. Die unterste Zellschicht stellt ein* Pflaster-Epithel *dar: Die Zellen sind miteinander verzahnt (hier nicht zu erkennen. Siehe dazu "Wie Pflanzen wachsen und sich bewegen":* http://tobias-lib.ub.uni-tuebingen.de/volltexte/2009/3777/*)*

Wird das prall werden der Motorzellen irgendwie durch das Licht des Tages kontrolliert? Vielleicht schrumpfen die Motorzellen und die Blüten schließen sich, wenn das Licht fehlt. Aber ein Versuch zeigt, dass es nicht so einfach ist. Hält man die Blüten mehrere Tage im Dunkeln oder in schwachem grünem Licht (das für die Blüten wie Dunkelheit ist), so bewegen sie sich trotzdem weiter: Sie öffnen und schließen sich wie im Licht-Dunkel-Wechsel. Also kann es keine unmittelbare Reaktion auf das Licht oder die Dunkelheit gewesen sein, was zum Öffnen und Schließen der Blüten führte.

Vielleicht war es irgend etwas anderes in der Umwelt, was sich im 24-Stunden-Takt wiederholt? Etwa Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht? Aber wir finden die Bewegung auch bei konstant gehaltener Temperatur. Sieht man sich unter konstanten Bedingungen den Bewegungsrhythmus genau an, dauert eine Periode des Öffnens und Schließens gar nicht 24 Stunden, sondern ist etwa zwei Stunden kürzer (Abbildung 1.5).

Es kann also kein äußerer Faktor sein, der die Bewegung zeitlich steuert. Die Blüten von *Kalanchoe* müssen eine innere Uhr besitzen, die den Blüten regelmäßig Signale zum Öffnen und Schließen gibt. Dieser Mechanismus wird innere oder biologische Uhr genannt. Man kann auch von einer Blumenuhr sprechen, wie in der Überschrift dieses Kapitels geschehen.

Im normalen Tag-Nacht-Wechsel ist diese Uhr präzise mit dem 24-Stunden-Tag gekoppelt und wird vor allem durch den Tag-Nacht-Wechsel gesteuert. Aber unter konstanten Bedingungen richtet sich der Mechanismus dieser Blumenuhr bei der zeitlichen Kontrolle der Blütenblattbewegung nur nach ihrem ererbten Rhythmus. Und die ist zwei Stunden kürzer als ein Tag. Man spricht deshalb von einem *circadianen* Rhythmus.

Viele Versuche mit *Kalanchoe*-Blüten und anderen Pflanzen und Tieren haben gezeigt, welche Eigenschaften diese Tagesuhr hat. Unter geeigneten konstanten Bedingungen läuft diese Uhr weiter, weicht aber mit ihrer Periode etwas von 24 Stunden ab. Sie lässt sich aber durch "Zeitgeber" auf die 24 Stunden des Tages synchronisieren. Wichtigster Zeitgeber ist der Licht-Dunkel-Wechsel des Erdentages.

Um den Mechanismus biologischer Uhren zu verstehen, wurde viel Arbeit geleistet. Das ist nicht nur in sich selbst interessant, sondern hat auch viele wichtige Konsequenzen für die Organismen einschließlich des Menschen, wie in diesem Buch gezeigt werden wird. Ein Befund ist, dass die Periode der Uhr -bei den *Kalanchoe*-Blüten etwa 22 Stunden- normalerweise nur sehr wenig, wenn überhaupt, durch chemische Verbindungen beeinflußt wird. Das ist eine der Besonderheiten des Mechanismus.

Eine andere Besonderheit betrifft den Einfluss der Temperatur auf die Uhr. Wie Licht-Dunkel-Zyklen können auch Temperatur-Wechsel die Uhr synchronisieren. So würde zum Beispiel ein Wechsel von 12 Stunden bei einer Temperatur von 20° mit 12 Stunden bei 25° C einen Rhythmus von 24 Stunden in der Blütenblattbewegung hervorbringen. Obwohl Temperatur-Unterschiede die Uhr synchronisieren, ist sie "Temperatur-kompensiert", das heisst, sie läuft bei höheren (zum Beispiel dauernd 25° C) und niedrigeren Temperaturen (zum Beispiel dauernd 15° C) etwa gleich schnell (Abbildung 1.5).

Diese Blumenuhr kann sich auch an Licht-Dunkel-Zyklen anpassen, die vom 24-Stunden-Rhythmus abweichen, zum Beispiel an einen mit 11 Stunden Licht und 11 Stunden Dunkelheit. Bei stärkeren Ab-

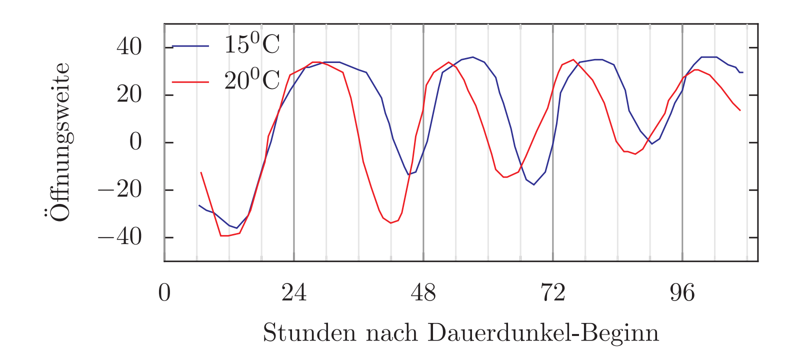


Abbildung 1.5: *Die Öffnungsweite von* Kalanchoe-*Blüten wurde bei einer Temperatur von 15° C (blaue Kurve) und von 20° C (rote Kurve) zu verschiedenen Zeiten gemessen. Bei beiden Temperaturen öffnen (Werte steigen an) und schließen (Werte fallen) sich die Blüten rhythmisch. Die stärkste Öffnung ist zwar bei 20° C etwas früher als bei 15° C, aber das gilt auch für die maximalen Öffnungen in den folgenden Tagen. Die Abstände (man nennt das Periodenlängen) zwischen den stärksten Öffnungszeiten (man nennt das Maximum, Mehrzahl Maxima) sind aber gleich, nämlich 22 bis 23 Stunden. Die Uhr, die das Öffnen und Schliessen der Blüten steuert, läuft also bei beiden Temperaturen gleich schnell. Nach Oltmanns (1960)*

weichungen vom 24-Stunden-Takt versagt dann die Synchronisation.

1.1 Wie man die *Kalanchoe*-Blütenblattbewegung registriert

Kalanchoe-Blüten hatte ich schon während meiner Doktorarbeit untersucht. Es wäre sehr anstrengend und zeitaufwendig, das Öffnen und Schliessen der Blüten Tag und Nacht mit dem Auge zu beobachten und den Öffnungsgrad zu notieren. Ich photographierte deshalb die Blüten, um die Bewegung der Blütenzipfel zu messen: Die einzelnen Blüten wurden abgebrochen und in Löcher einer Kunststoffscheibe gesetzt, die in einer Schale mit einer Zuckerlösung schwamm. Alle drei Stunden wurden sie von oben photographiert. Mit weißem Licht würde die Bewegung der Blütenzipfel bald aufhören. Deshalb wurden die Blüten mit grünen Leuchtstoffröhren beleuchtet, die zusätzlich mit einer grünen Farbfolie umwickelt waren. Die Blüten werden durch grünes Licht nicht beeinflusst, es kann also als Sicherheitslicht benutzt werden: Es erlaubt uns, die Blüten gut zu sehen und die Bilder für die Aufnahmen scharf zu stellen. Dann wurde der Film entwickelt und unter dem Präpariermikroskop die Abstände zwischen den Blütenzipfeln bestimmt. Das war aber eine sehr arbeitsintensive Methode, da bei Tag und Nacht alle drei Stunden photographiert werden musste.

Deshalb entwickelte ich eine neue Methode, bei der die Küvette mit den Blüten auf einer Photoelement stand und von oben grünes Licht erhielten. Die Spannung an der Photozelle steigt, wenn mehr Licht auf sie fällt. Sind also die Blüten geschlossen, ist die Spannung höher als wenn sie geöffnet sind. Man konnte die Spannung mit einem elektrischen Schreiber registrieren und dann die Kurven betrachten und

auswerten. Noch später wurde der elektrische Schreiber durch eine Datenerfassungs-Maschine mit Lochstreifenstanze ersetzt, die im Rechenzentrum der Universität ausgewertet wurde. Die Daten konnten als Kurven ausgedruckt werden. Mit Einzug der PCs haben auch wir diesen zum Registrieren und Speichern verwendet.

Heute benutzen wir statt der Photoelemente eine Video-Kamera, die an einem Computer angeschlossen ist. Die Größe der Blüten wird durch ein spezielles Bildanalyse-Programm bestimmt (Abbildung 1.6) und als Kurve dargestellt (Abbildung 1.5).

Mit der automatischen Registrierapparatur haben wir nicht nur den Einfluss von Licht und Temperatur auf die Blütenblattbewegung von *Kalanchoe* untersucht. Auch chemische Verbindungen wurden getestet. Da die Blüten abgeschnitten waren, konnten sie aus der Lösung leicht solche Substanzen aufnehmen. Wenn sie die Uhr beeinflussen würden, müsste sich die Periodenlänge der Bewegung ändern. Viele Substanzen hatten jedoch keinen Effekt. Es war so, als ob die innere Uhr sich gegen äußere Einflüsse abschottet.

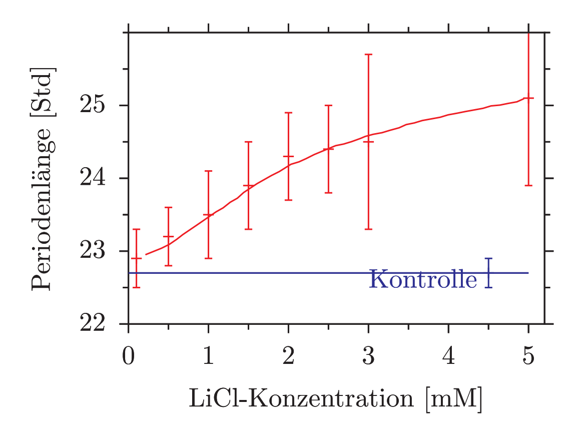


Abbildung 1.9: *Verlängerung der Periode der* Kalanchoe- *Blütenblattbewegung durch LiCl. Fünf Blüten wurden wie in Abbildung 1.6 gezeigt in jeweils einer Küvette bei acht verschiedenen Konzentrationen (x-Achse) registriert. Aus den Bewegungskurven (siehe Abbildung 1.7) wurden die Periodenlängen bestimmt, die Mittelwerte (rote Kreuze) mit Standardfehler (senkrechte Striche) aufgetragen und eine Kurve an die Werte angepasst (rot). Die Periodenlänge der 15 Kontrollblüten (waagerechte blaue Linie) ist mit Standardfehler (senkrechte blaue Linie) gezeichnet. Nach Engelmann (1973)*

1.2 Lithiumionen verlangsamen die circadiane Uhr

Es gab jedoch einige Substanzen, die die Tagesuhr beeinflussten. Dazu gehören Lithiumionen (Li^+ im folgenden). In der Natur kommt $LiCO_3$ häufig in mineralhaltigem Wasser und im Gestein vor. Wir gaben verschiedene Mengen von LiCl zu der Zuckerlösung, auf der die Blüten schwammen. Sie verlangsamten den Rhythmus der Blütenblattbewegung. Statt einer Periode von 22.5 Stunden in der Zuckerlösung betrug sie 24.5 Stunden, wenn die Konzentration 3 mM betrug (Abbildung 1.7) und 25 Stunden bei 5 mM (Abbildung 1.9). Offenbar greift Li^+ in den Uhr-Mechanismus ein und verlangsamt ihn. Dabei wird hauptsächlich das Öffnen der Blüten verlangsamt, wie Abbildung 1.8 zeigt.

Nun könnte allerdings Li^+ auch auf die Vorgänge zwischen Uhr und der beobachteten Blütenblattbewegung wirken. In diesem Fall würde nicht die Uhr verlangsamt werden, sondern nur die Umsetzung in Blütenblattbewegung, wie Abbildung 1.8 vermuten lassen könnte (nur der Schließvorgang wird verlangsamt). Deshalb wurde eine Versuchsserie durchgeführt, bei der die Periodenlänge aus der Wirkung von Licht-

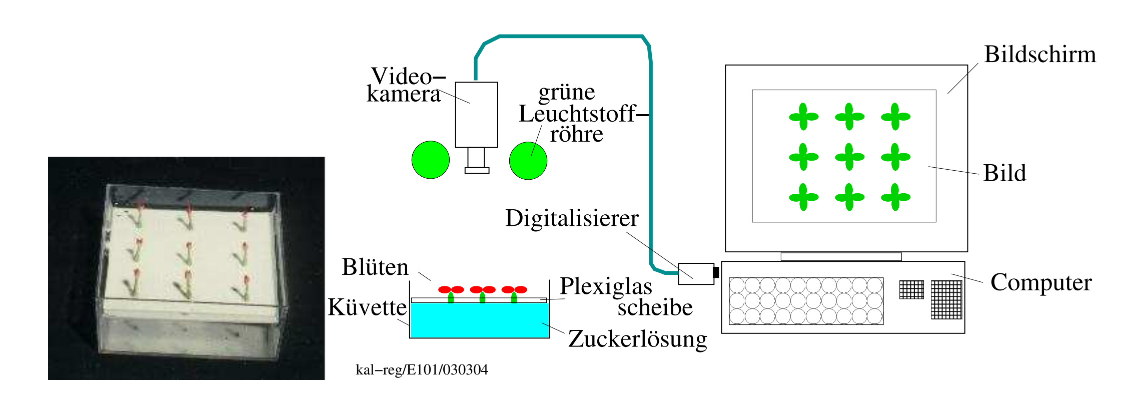


Abbildung 1.6: Kalanchoe-*Blüten werden von der Pflanze abgebrochen und in Löchern einer Kunststoff-Scheibe montiert, die auf einer Wasser-gefüllten Küvette schwimmt (links). Die Blüten öffnen sich am Tage und schließen sich in der Nacht, wie es auch an der Pflanze geschieht. Hier sind die Blüten geschlossen. Sie können mit einer Kamera zum Beispiel alle Stunde von oben fotografiert werden (rechts). Die digitalisierten Bilder werden an einen* Computer *geschickt, mit einem Bildanalyse-Programm ausgewertet und die Daten jeder einzelnen Blüte grafisch dargestellt (siehe zum Beispiel Abbildung 1.7).*

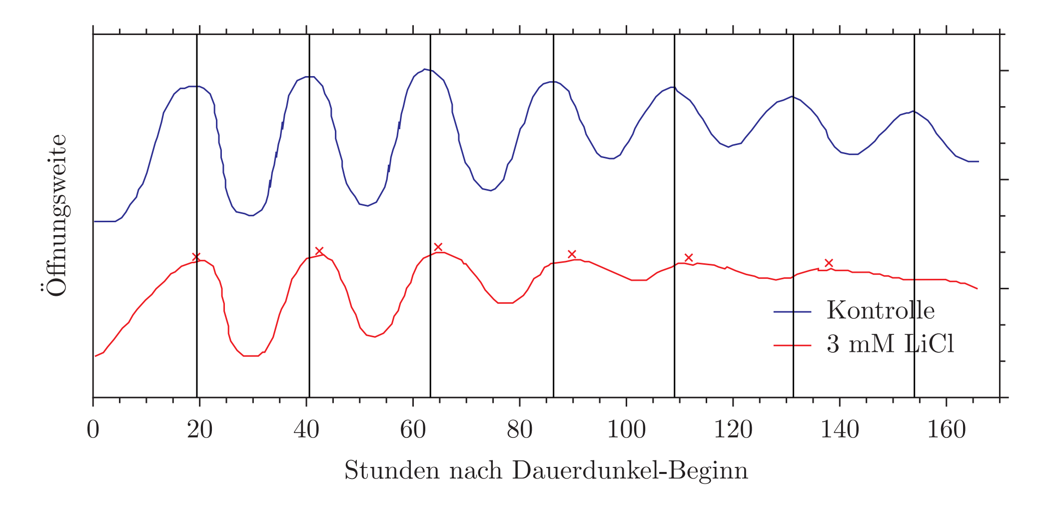


Abbildung 1.7: *LiCl verlängert die Schwingungsdauer der* Kalanchoe- *Blütenblattbewegung. Obere Kurve (blau) Kontrolle, untere Kurve (rot) mit 3 mM LiCl im Wasser, in dem die Blüten stecken. Die senkrechten Striche geben die Maxima der Kontrollen an, die roten Punkte die Maxima der mit LiCl behandelten Blüten. Die y-Achse gibt die Öffnungsweite der Blüten wieder. Nach Engelmann (1973)*

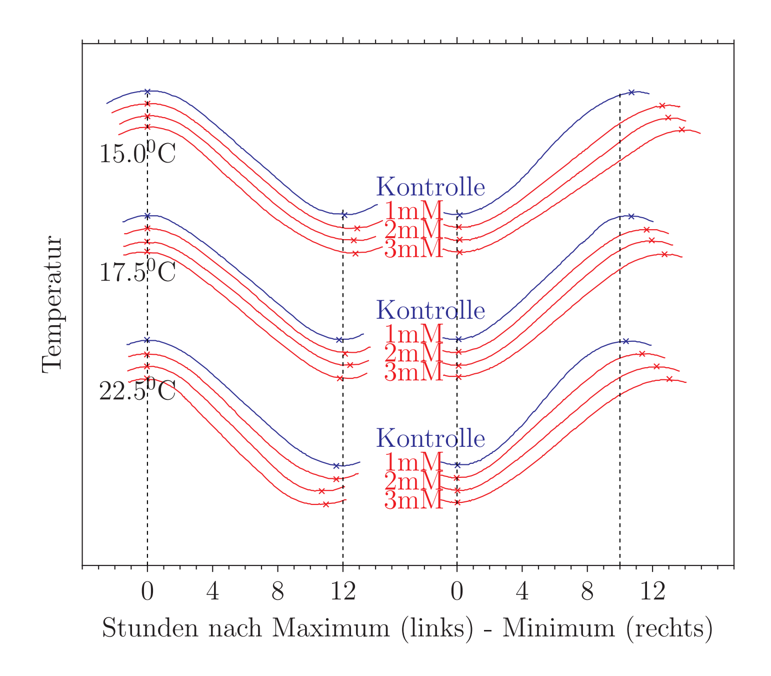


Abbildung 1.8: *Die längere Periode unter LiCl beruht vor allem auf einem langsameren Öffnen der Blüten (rechter Teil der Kurvenscharen), während die Zeit zum Schließen etwa gleich lang ist (linker Teil). Die Versuche wurden bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt, wie links angedeutet, und mit verschiedenen Konzentrationen von LiCl (rote Kurven), wie ebenfalls angedeutet -Kontrollen erhielten kein LiCl (blaue Kurven). Die Lage der Minima der Schließbewegung im linken Teil der Abbildung unterscheiden sich nur wenig, während die Maxima der Öffnungsbewegung im rechten Teil der Abbildung gegenüber dem der Kontrollen später liegen. Nach Engelmann et al. (1976)*

pulsen abgeleitet wurde (genaueres in der Legende der Abbildung 11.3 im Anhang). Die Experimente zeigten, das der Oszillator verlangsamt wurde und nicht die Vorgänge zwischen Uhr und Zeiger der Uhr.

Ich fragte mich, ob das auch bei anderen circadianen Rhythmen so ist. Tatsächlich wurden rhythmische Blattbewegungen verlangsamt, wie Anders zum Beispiel beim Sauerklee (Johnsson et al. (1981), Abbildung 1.10), und wir bei Bohnen (Engelmann (1987)) und bei der rhythmischen Konidienbildung des Brotschimmels *Neurospora crassa* fanden (Abbildung 1.11)

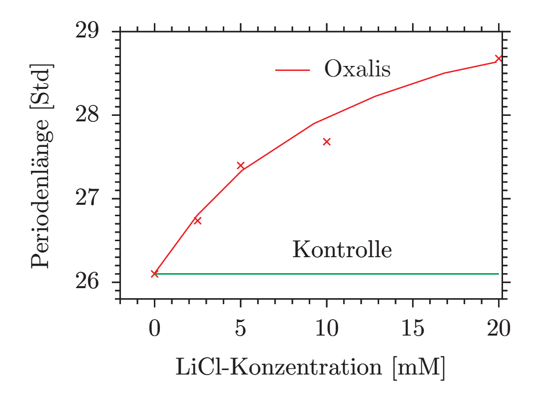


Abbildung 1.10: *Verlängerung der Periode (y-Achse) der* Oxalis regnellii *Blattbewegung durch LiCl verschiedener Konzentrationen (x-Achse)*

Dann untersuchten wir Küchenschaben, denen Li^+ in das Trinkwasser gegeben wurde. Auch bei ihnen verlangsamt Li^+ ihren tagesperiodischen Rhythmus. Gemessen wurde die lokomotorische Aktivität, also das Herumlaufen im Behälter (Hofmann et al. (1978)). Nur männliche Tiere wurden verwendet und in Laufrädern gehalten[1]. Das Drehen aktivierte über einen am Rad befestigten kleinen Magneten einen Magnetschalter, und diese Signale wurden über

[1] Weibliche Schaben laufen weniger und unregelmäßiger

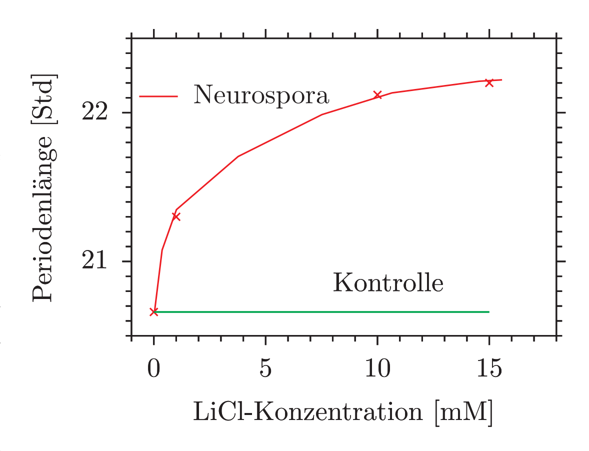


Abbildung 1.11: *Verlängerung der Periode (y-Achse) der* Neurospora crassa *Konidienbildung durch LiCl verschiedener Konzentrationen (x-Achse). Unveröffentlichte Daten von Engelmann*

einen Ereignisschreiber als kurze Striche auf Papierrollen übertragen. Die täglich untereinander aufgeklebten Muster bilden ein Aktogramm und ein Beispiel ist in Abbildung 1.12 dargestellt. Ein weiteres Beispiel für Periodenverlängerungen bei Tieren ist im Anhang aufgeführt (Abbildung 11.4). Es gibt aber auch Beispiele, in denen Li^+ die Periode verkürzt, wie bei Fledermäusen (Subbaraj (1981)) und bei Syrischen Hamstern. Daten sind in Tabelle 11.4.

Li^+ beeinflusst auch die Blühreaktion von Pflanzen. Eine kritische Tages- und Nachtlänge ist nötig, damit Pflanzen zu einer bestimmten Zeit des Jahres blühen. Diese Länge wird nach Bünning (1936) durch die circadiane Uhr gemessen und deshalb sollte das Blühen durch Li^+ beeinflusst werden, wenn es die Uhr verlangsamt. Kurztagpflanzen brauchen eine Mindestdauer der Dunkelperiode, um zu blühen, und diese wird durch die Uhr gemessen. Es lässt sich prüfen, ob durch Li^+-Gabe bei diesen Pflanzen eine längere Dunkelperiode benötigt wird, um Blüten hervorzubringen.

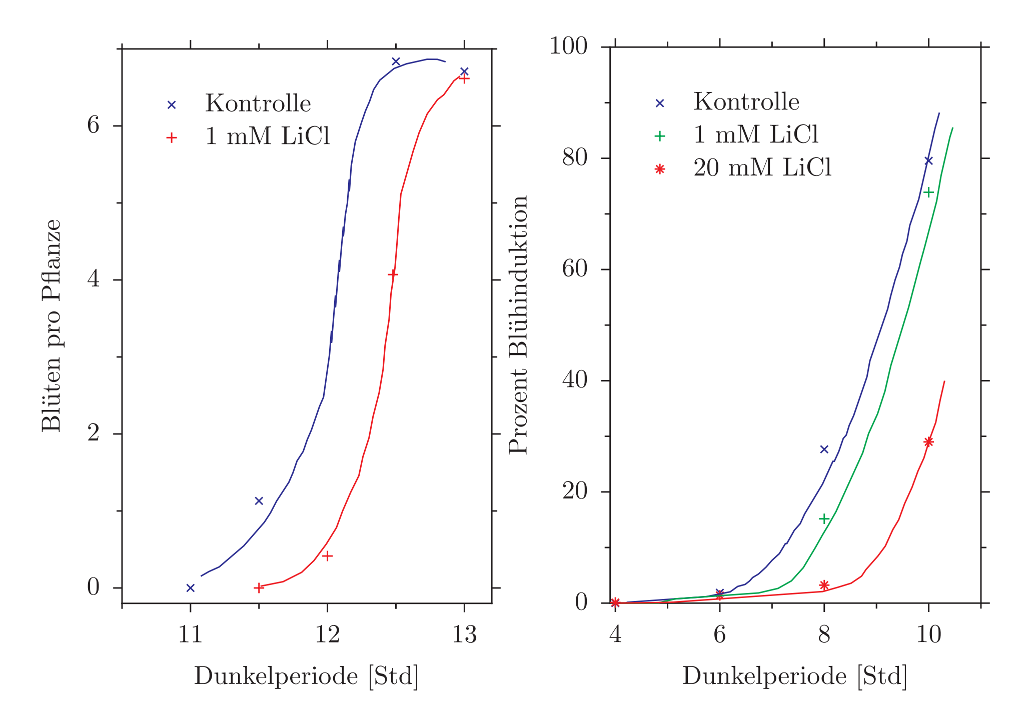


Abbildung 1.13: *Links: Verschiebung der kritischen Tageslänge (x-Achse) der Blühinduktion von* Pharbitis nil *um 0.5 Stunden durch eine 1 mM LiCl-Nährlösung (rote Kurve, blaue Kurve ist Kontrolle ohne LiCl). Rechts: Auch bei* Chenopodium rubrum *wird die kritische Nachtlänge (d.h. 50 % der Pflanzen werden zum Blühen induziert) verlängert (von 9.25 bei den Kontrollen auf 9.75 bei 1 und auf 10.5 bei 20 mM LiCl Lösung). Wenn die Tageslänge zu groß ist, ist die entsprechende Nachtlänge zu kurz und die Pflanzen werden keine Blüten bilden. Sie werden als Kurztagpflanzen bezeichnet. In beiden Fällen genügt bereits eine einzige Dunkelperiode zur Blühinduktion. Nach* Engelmann et al. (1976)

Das wurde tatsächlich bei Untersuchungen an der Kaiserwinde *Pharbitis nil* und an *Chenopodium rubrum* gefunden (Abbildung 1.13 und Engelmann et al. (1976)).

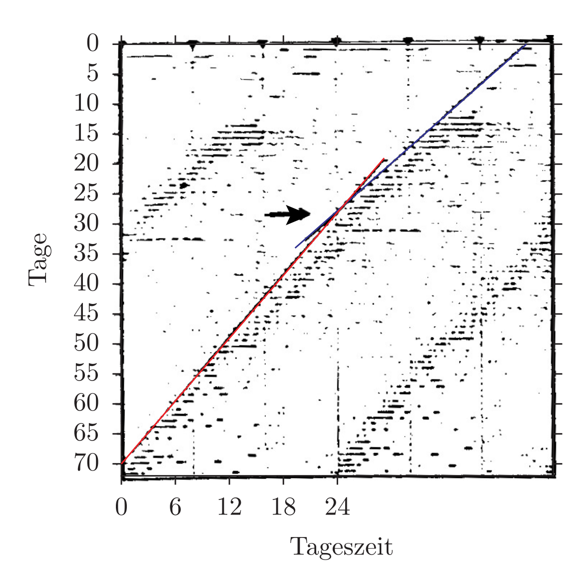


Abbildung 1.12: *Verlängerung des lokomotorischen Aktivitätsrhythmus von* Leucophaea maderae *durch LiCl (10 mM), das ab dem Pfeil angeboten wurde. Die Geraden verbinden den Beginn der Aktivität vor (blau) und während (rot) der Li^+-Behandlung. Das Aktogramm zeigt die tägliche Aktivität doppelt, um den Verlauf über die gesamte Messzeit besser erkennen zu können (Doppelplot). Nach Hofmann et al. (1978)*

2 Endogene Depressionen und ihre Ursachen

Wir wollen zunächst endogene Depressionen und ihre möglichen Ursachen besprechen und im folgenden Abschnitt schildern, wie man testen kann, ob Li$^+$ auch die Tagesuhr des Menschen verlangsamt.

Eine relative große Zahl von Menschen leidet unter endogenen Depressionen. Diese Gemütskrankheit wurde früher Schwermut oder Melancholie genannt.

Reaktive Depressionen haben einen unmittelbaren äußeren Anlass: Ein sehr nahe stehender Mensch stirbt, eine schwere Krankheit bricht aus, Hab und Gut werden vernichtet. Eine *endogene* Depression beginnt hingegen nicht mit einem unmittelbaren äußeren Anlass, sondern kommt unvorhergesehen. Die Krankheit hat folgende Symptome[1]:

- seelisch-körperliche Hemmung oder Erregung (depressive Stupor oder agitierte Depression)
- Schlafstörungen, frühes aufwachen und Angst vor dem kommenden Tag
- Stimmungstief am Morgen; abends Besserung
- hypochondrische Wahnideen
- massives Schulderleben, Selbstbeschuldigungen, selbstzerstörerisches Verhalten
- Interesselosigkeit
- sexuelle Gleichgültigkeit

[1] http://www.psychosoziale-gesundheit.net/seele/endogenedepression.html



Abbildung 2.1: Depressiv! Nach einer Zeichnung eines Depressiven vom Autor gezeichnet (Diapositiv Pflug)

- geistige Einbußen, Merk- und Konzentrationsstörungen, Leere im Kopf
- Kraftlosigkeit mit Leistungseinbruch
- häufig auch Gewichtsverlust
- erbliche Symptome

Am besten wird der Zustand durch die Zeichnung eines Depressiven illustriert (Abbildung 2.1).

Endogene Depressionen treten in zwei Formen auf. Bei der unipolaren endogenen Depression sind die betroffenen Personen stark depressiv, um sich nach eini-

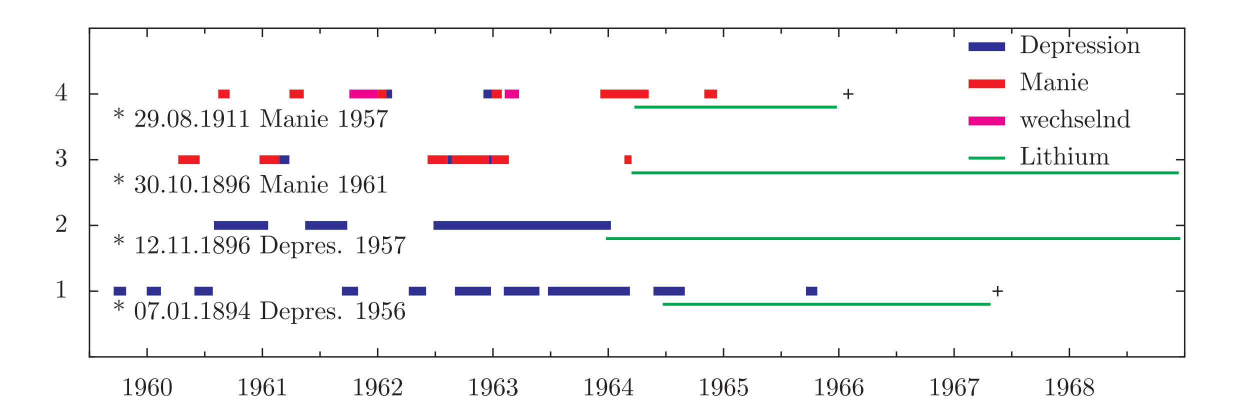


Abbildung 2.2: *Monopolare (nur Depressionen, blau, Patienten 1 und 2) und bipolare (Depressionen und Manien, rot, Patienten 3 und 4) endogene Depressionen. * Geburtstag, + verstorben, magenta: zwischen Manie und Depression rasch wechselnd, grün: Li^+ Behandlung. Daten aus Schou (1971)*

ger Zeit wieder normal zu verhalten (Abbildung 2.2). Nach einiger Zeit kommt dann ein neuer depressiver Schub.

Bei der bipolaren Form der Krankheit wechselt eine depressive Phase mit einer sogenannten manischen Phase ab. Während dieser Manie zeigen die betroffenen Personen extrem hohen Tatendrang, sind Energie-geladen, aber unkontrolliert. Das war der Zustand, in dem ich Enno auf dem Pass antraf und der bis zum Val d'Eyne angehalten hatte. Ich erfuhr erst später, wie leichtsinnig es war, ihn allein zurückfahren zu lassen, denn wenn eine depressive Phase einsetzt, kann es leicht Probleme geben. Im depressiven Zustand können sich diese Kranken sogar das Leben nehmen. Etwa 3–4 % aller depressiv Kranken sterben durch Suizid (Wolfersdorf (2008)).

Diese Form der endogenen Depression mit Stimmungsschwankungen zwischen Hoch- und Tiefphasen ist bei einer ganzen Reihe von Künstlern und Schriftstellern, aber auch Politikern zu finden gewesen. Während der manischen Phase sind sie besonders kreativ. Händel komponierte den Messias in nur sechs Wochen, Rossini brauchte für den "Barbier von Sevilla" nur 13 Tage. Robert Schumann, Honore de Balsac, van Gogh, Ernest Hemmingway, Abraham Lincoln, Theodore Roosevelt und Churchill waren manisch-depressiv. Genaueres kann man in Fieve (1977) nachlesen.

Über die Ursachen der endogenen Depression weiß man auch heute noch wenig. Die Krankheit muss im Erbgut verankert sein, da sie in bestimmten Familien gehäuft auftritt. Man behandelt sie heutzutage mit bestimmten Psychopharmaka.

Es hat sich auch gezeigt, dass Li^+ eine therapeutische Wirkung haben (Fieve (1977)). Eine Zufallsbeobachtung hat dazu geführt. Der Psychiater John F. Cade an einem Krankenhaus in Australien vermutete, dass Harnstoff den manischen Zustand bei endogen Depressiven auslöste. Er wollte Meerschweinchen Harnsäure injizieren, um seine Hypothese zu testen. Um den Harnstoff zu lösen, benutzte er Lithiumurat. Das machte die Tiere aber apathisch, statt sie zu erregen, wie es bei Manien der Fall ist. Da auch $LiCO_3$ diesen beruhigen-

den Effekt hatte, musste es am Li^+ liegen und nicht an der Harnsäure. Er versuchte deshalb auch bei zehn endogen depressiven Patienten, diese während ihrer manischen Phase mit Li^+ zu beruhigen. Er hatte erstaunliche Erfolge. Der Gemütszustand der Patienten normalisierte sich auch bei seinen hoffnungslosesten Fällen. Sie konnten aus dem Krankenhaus entlassen werden. Nachdem sein Bericht 1949 (Cade (1949)) erschienen war, setzte sich die Behandlung sehr bald durch.

Später gab es einige Todesfälle. Sie beruhten auf Nierenversagen. Man merkte, dass die Dosis für die Behandlung sehr genau und individuell eingestellt werden musste. Tut man das, gab es keine Probleme mit den Nieren. Die Methode wird auch heute noch zum Teil angewendet. Wenn man aber merkt, dass die Nieren belastet werden, wird die Li^+-Behandlung abgesetzt und andere Pharmaka verwendet.

Als wir unsere Versuche mit *Kalanchoe*-Blüten machten, wurde gerade eine Arbeit von Pflug und Tölle über Schlafentzug und Depression veröffentlicht (Pflug and Tölle (1971), Pflug (1972)). Es wurde gezeigt, dass Schlafentzug bei endogenen Depressionen hilft. Er soll den gestörten Tagesrhythmus des depressiven Menschen günstig beeinflussen, sodass er sich wieder wohl fühlt.

In Tübingen hatte ein Lehrer, der unter endogenen Depressionen litt, seinem Arzt in der psychiatrischen Klinik erzählt, dass er bei Manien die ganze Nacht mit seinem Fahrrad im Schönbuch, einem schönen Waldgebiet in der Nähe der Stadt, herumfuhr. Der manische Anfall war auf diese Weise besser von ihm zu kontrollieren. Diese Methode wurde von seinem behandelnden Arzt übernommen und systematisch ausprobiert. Sie zeigte tatsächlich einen therapeutischen Effekt. Das entscheidende dabei war nicht die körperliche Betätigung, sondern der Schlafentzug. Später fand man auch heraus, dass man den Schlaf vor allem zu den Zeiten verhindern musste, zu denen das tagesperiodische System normalerweise seinen Mitternachts-Punkt hat -die Körpertemperatur hat dann ihren niedrigsten Wert. Für viele Menschen liegt dieser Zeitpunkt zwischen 3 und 5 Uhr in der Nacht.

Diese Ergebnisse und andere Befunde, nach denen das tagesperiodische System bei endogen Depressiven anders ist, wurde von einigen Forschern und Ärzten so interpretiert, dass vielleicht die Depressionen ursächlich mit dem gestörten circadianen System zu tun haben (siehe Seite 127 und Abbildung 10.2).

Wie der tägliche Temperaturverlauf während einer Depression bei einem Patienten gestört sein kann, ist in Abbildung 2.3 dargestellt.

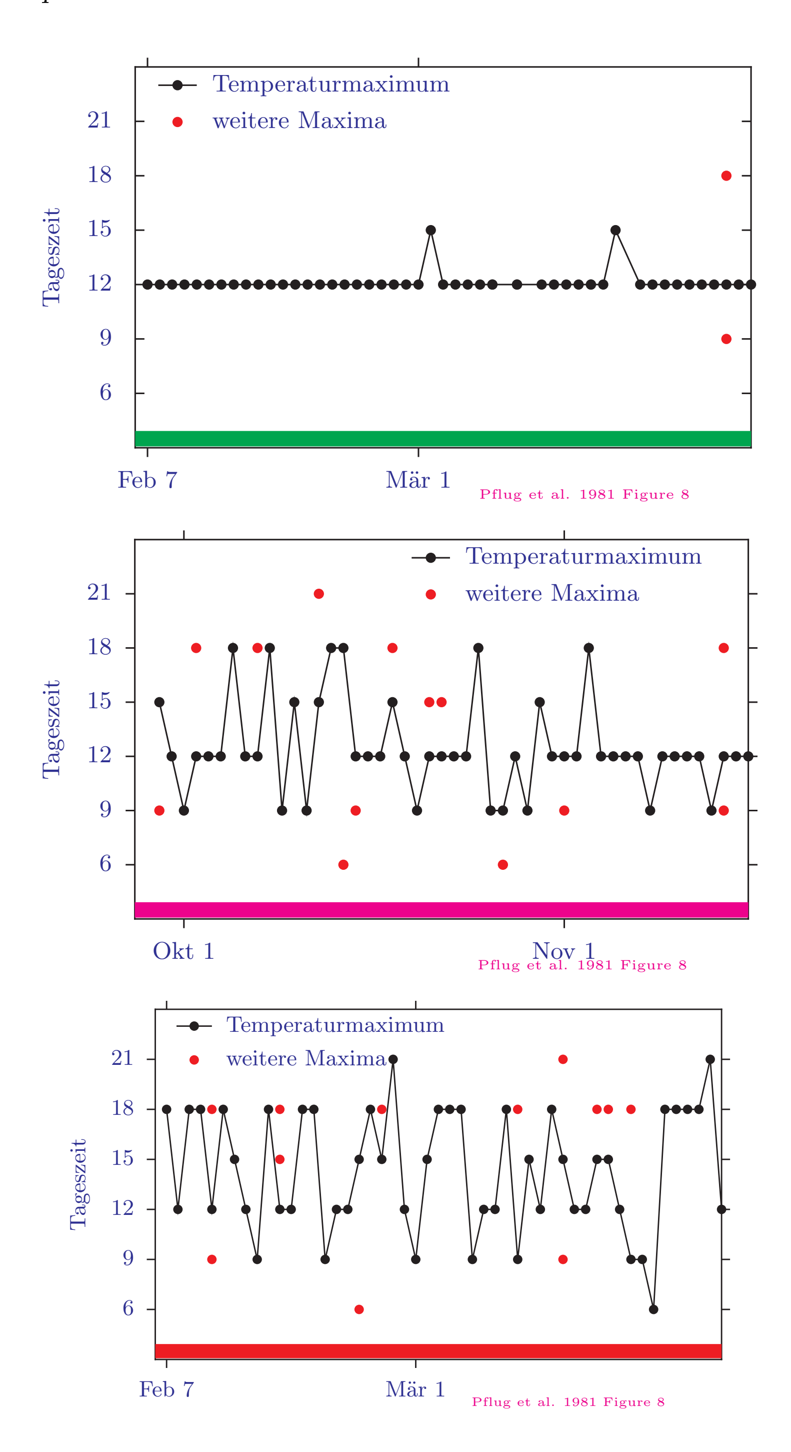


Abbildung 2.3: Beispiel für den Verlauf der täglichen Temperaturmaxima eines Patienten während einer Periode des Wohlbefindens (oben, grüner Balken), während einer Periode der Besserung (Mitte, lila) und während einer depressiven Period (unten, rot). Datum: x-, Tageszeit: y-Achse. Temperaturmaxima: Punkte (rot, wenn mehr als eins pro Tag). Während der depressiven Periode liegen die Maxima an ganz verschiedenen Zeiten des Tages, während der Periode des Wohlbefindens immer zur gleichen Tageszeit. Während der Depression ist also der Temperaturrhythmus gestört (Pflug et al. (1981))

3 Eine Hypothese prüfen: Verlangsamen Lithiumionen die Tagesuhr des Menschen?

Hier werden unsere Ergebnisse an der Kalanchoe-Uhr in Tübingen beschrieben, die mit einem Rückkopplungsmodell simuliert werden konnten. Diese Uhr und die anderer Pflanzen und Tiere werden durch Li^+ verlangsamt. Da Li^+ bei endogenen Depressionen therapeutisch wirkt und bei dieser Krankheit das circadiane System gestört ist, wollten wir prüfen, ob Li^+ auch beim Menschen die Tagesuhr verlangsamt.

1969 kam eine Gruppe von Studenten aus Lund in Südschweden nach Tübingen. Sie waren auf einer Reise durch Deutschland, um verschiedene Institute zu besuchen. Professor Helmut Hertz (siehe Abbildung 3.1), dessen Vater ein Neffe des berühmten Heinrich Rudolf Hertz war, der die Radiowellen nachwies, leitete die Gruppe. Er war Direktor des Institutes für Elektrische Messungen der Universität Lund und hatte unter anderem zusammen mit Inge Edler die Ultraschall-Technik für Herzdiagnosen entwickelt. Sein Assistent war Anders Johnsson, der damals zusammen mit Hage Karlsson an den gravitropen Pendelbewegungen der Sonnenblumenkeimlinge arbeitete. Sie hatten ein Rückkopplungsmodell entwickelt, was die Schwingungen beschreibt, die bei der Pendelbewegung von *Helianthus annuus* auftreten (Johnsson and Karlsson (1972), Karlsson and Johnsson (1972)). Es ist in Abbildung 3.2 dargestellt und erklärt.

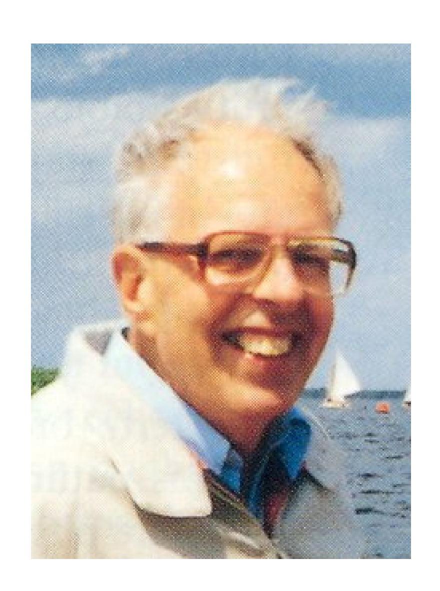


Abbildung 3.1:
Helmut Hertz (1920; † 1990, Sohn von Gustav Ludwig Hertz, * 1887 in Hamburg; † 1975, Physiker und Nobelpreisträger) war Physiker und lehrte an der Universität in Lund in Schweden. Anders Johnsson promovierte bei ihm. Bild von Anders Johnsson, Trondheim, zur Verfügung gestellt (siehe auch Lindström (1991)).*

Sie hatten unsere Veröffentlichungen über die Bewegungen der *Kalanchoe*-Blüten gelesen und ihr Modell auch auf

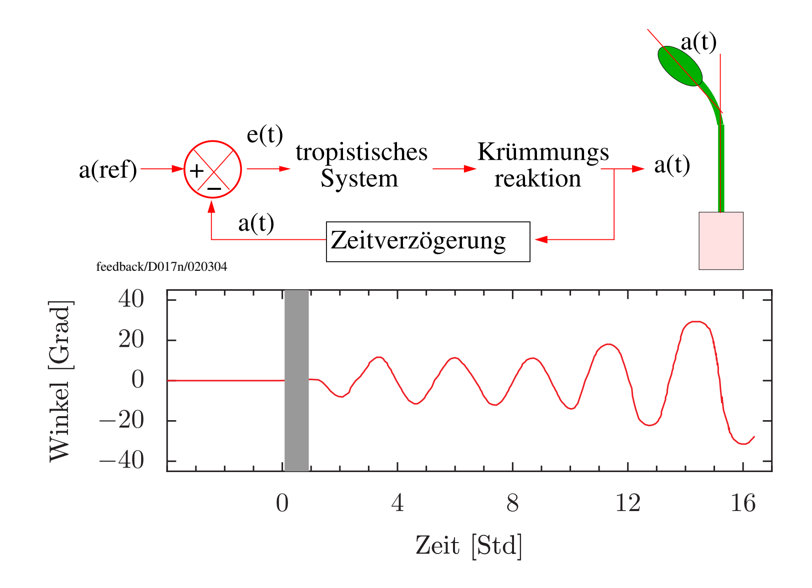


Abbildung 3.2: *Oben: Rückkopplungsmodell des gravitropen Pendels. Ein Sollwert ("senkrecht wachsen" α_{ref}) wird mit dem Ist-Wert $\alpha(t)$ verglichen. Wenn sich die beiden Werte unterscheiden, entsteht ein Fehlersignal $e(t)$. Es wird durch ein tropistisches System verstärkt und gewichtet und zeitverzögert wieder mit dem Sollwert verglichen. Es entstehen Schwingungen (unten), die denen gleichen, die ein Sonnenblumen-Hypokotyl (rechts oben) ausführt, wenn es für zum Beispiel eine Stunde durch die Schwerkraft gereizt wird (der Topf mit dem Keimling um 90° gekippt wird). Rechts ist der augenblickliche Winkel $\alpha(t)$ als Abweichung von der Lotrechten erklärt. Nach Johnsson (1977)*

diesen Rhythmus mit Erfolg angewendet (Karlsson and Johnsson (1972)). Im Modell konnte man auch erklären, wie Licht auf die Blütenblattbewegung wirkt und die Ergebnisse mit denen von Experimenten verglichen (Engelmann et al. (1973)). Mit Anders Johnsson gab es dann eine intensive wissenschaftliche Zusammenarbeit und eine lebenslange Freundschaft.

Wir hatten die Li^+-Wirkung bei *Kalanchoe* besprochen. Da Li^+ bei endogenen Depressionen therapeutisch wirkt und medizinisch angewendet wird, lag es nahe, anzunehmen, dass durch Li^+ auch der Tagesrhythmus des Menschen verlangsamt wird, wie wir es nicht nur bei der *Kalanchoe*-Uhr, sondern auch bei anderen Pflanzen und Tieren gefunden hatten.

Unsere Hypothese war: Bei einem Menschen, der unter endogenen Depressionen leidet, läuft ein Teil des circadianen Systems zu schnell oder zu langsam. Es kann deshalb nicht mehr richtig mit dem normalen 24-Stunden-Tag gekoppelt werden, oder, in anderen Worten, die Synchronisation mit dem normalen Tag/Nacht-Zyklus versagt. Sie läuft stattdessen wenigstens streckenweise (während der Depression) frei, unabhängig vom äußeren Tag. Dann würden sich Zeitintervalle ergeben, zu denen die innere Uhr (oder eine der inneren Uhren) auf Nachtzeit steht, während es Tag ist, oder auf Tagzeit, während es Nachtzeit ist. Und das könnte die Ursache der Depression sein (siehe Engelmann (1987)). Die meisten Menschen, die einmal aus bestimmten Gründen nachts aufstehen müssen, fühlen sich niedergedrückt und zerschlagen.

Anders schlug vor, diese Hypothese in Spitzbergen während des Sommers zu testen, wenn dort Dauerlicht und konstante Temperatur vorherrschen. Das wäre also ein geeignetes natürliches Labor, in dem sich das Verhalten eines freilaufenden Tagesrhythmus des Menschen untersuchen lassen würde. Wir hatten ursprünglich daran gedacht, in einem unterirdischen Apartement in Erling-Andechs südlich von München Versuche dazu durchführen zu lassen. Man hatte dort jedoch schon auf Jahre andere Versuche geplant. Immerhin bot man mir an, einen Vorversuch durchzuführen. Er würde 4 Wochen dauern.

3.1 Vorversuch in einem Zeitgeber-freien Raum in Erling-Andechs

Die Untersuchungen der Rhythmen des Menschen unter konstanten, Zeitgeber-freien Bedingungen begannen im Max Planck Institut für Verhaltensphysiologie in Andechs etwa um 1967. Es war zu dieser Zeit das erste und einzige Institut, in dem die technischen Voraussetzungen für längere Messungen am Menschen unter Zeitgeber-freien Bedingungen gegeben waren. Die verschiedenen experimentellen Fragestellungen und die Ergebnisse der Untersuchungen sind von Wever in einem Buch zusammengestellt (Wever (1979)). Allen gemeinsam ist, dass die Untersuchungen in völliger Isolierung von der Umwelt stattfinden mussten, damit keine Zeitgeber des normalen Tages von den Versuchspersonen wahrgenommen werden konnten.

Zunächst hatte man befürchtet, dass diese Bedingungen von den Teilnehmern an den Versuchen sehr schwer zu ertragen sind. Es zeigte sich aber, dass alle die Versuche gern mitmachten. Dazu trug sicherlich auch bei, dass die beiden Versuchsräume eine angenehme und komfortable Atmosphäre ausstrahlten. Außerdem wurden nur einige wenige Variablen gemessen wie Kör-

pertemperatur, Bewegungs-Aktivität und Urinbestandteile. Dadurch hatten die Teilnehmer relativ viel Zeit für eigene Aktivitäten und Hobbies. Studenten nahmen die Gelegenheit gern wahr, sich auf Prüfungen vorzubereiten. Zum "Anheuern" von Personen wurden Zettel verschickt und an günstigen Stellen ausgehängt (siehe Appendix 11.5.1).

Die Lage der unterirdischen Räume und der Grundriss sind in Abbildung 3.3 zu sehen. Jede Einheit war unter dem Boden, über der Decke und hinter den Wänden mit Glaswolle isoliert und in dem äußeren Gebäude schwimmend gelagert. Geräusche unter 130 dB (Schmerzgrenze!) von außen oder von der benachbarten Einheit konnten nicht wahrgenommen werden. Eine der Einheiten war zusätzlich gegen elektrische und magnetische Felder abgeschirmt. Man konnte aber an dieser Einheit solche Felder künstlich erzeugen. Die andere Einheit war nicht abgeschirmt.

Das Innere eines der beiden (spiegelbildlich symmetrisch angeordneten) Wohneinheiten zeigt Abbildung 3.4. Die Einheit besteht aus einem Wohnraum, Küche und Toilette mit Duscheinrichtung. Im Wohnraum befindet sich auch ein Bett. Die Räume können nur über eine Schleuße betreten oder verlassen werden, sind aber nicht abgeschlossen, sodass man auf Wunsch oder im Notfall den Raum verlassen kann. Mehrere hundert Versuche wurden in diesen beiden Räumen durchgeführt.

Man hatte mir angeboten, für vier Wochen einen Vorversuch in einem der Räume durchzuführen. Es war am 15. September 1975, vier Wochen vor Semesterbeginn. Ich war mit dem Zug nach München gefahren und mit der S-Bahn nach Herrsching. Von dort ging es nach Erling, durch eine wunderschöne Herbstlandschaft (ich erinnere mich an einen Brief eines Freundes, der schrieb, Mensch, Wolfgang, das ist der herrlichste Herbst, den ich je erlebte, und du sitzt im Bunker...). Immerhin hatte ich einen schönen großen Strauß Herbstlaub für die ersten Tage in meiner "Wohnung", bis dann die Blätter abfielen. Ich hatte mir Literatur, Bücher und Papier mitgebracht, um eine neue Art von selbstgesteuertem Grundpraktikum für Biologiestudenten vorzubereiten. Außerdem hatte ich meine Wasserfarben und Kohlestifte zum Malen mitgebracht und eine Blockflöte mit Musikstücken. Nachdem ich mich in dem Raum ausgebreitet und mit den Gegebenheiten vertraut gemacht hatte, kaufte ich im Lebensmittelladen für die ersten Tage Nahrungsmittel für mein leibliches Wohl ein. Dann nahm ich für vier Wochen Abschied von der Außenwelt, indem ich einen großen Spaziergang in der Umgebung von Erling und Andechs (mit Kloster) machte.

Vor den beiden unterirdischen Räumen befindet sich ein langer Gang, in dem die Registriergeräte stehen. Gemessen wurde die innere Körpertemperatur mit einer Thermosonde, die in den Enddarm gesteckt wird. Sie ist durch ein langes Kabel mit einem Stecker in der Decke des Wohnraumes verbunden, sodass man ohne Probleme auch in die Küche und in den Waschraum gelangen konnte. Nur beim Tanzen durfte man sich nicht dauernd in der gleichen Richtung drehen. Die Bewegung wurde mit Kontakten unter den Teppichen gemessen. Kontakte am Bett ergaben die Schlafenszeiten. Außerdem sollte der Urin in Flaschen gesammelt werden und beschriftet in einem Kühlschrank in der Schleuse aufgehoben werden. Von dort wurde er vom Personal abgeholt. Die Menge, die Konzentrationen der Elektrolyte (Na^+, K^+, Cl^- usw) und anderer Substanzen konnten dann im Labor bestimmt und ihr zeitlicher Verlauf aufgetragen werden (Abbildung 3.5 zeigt

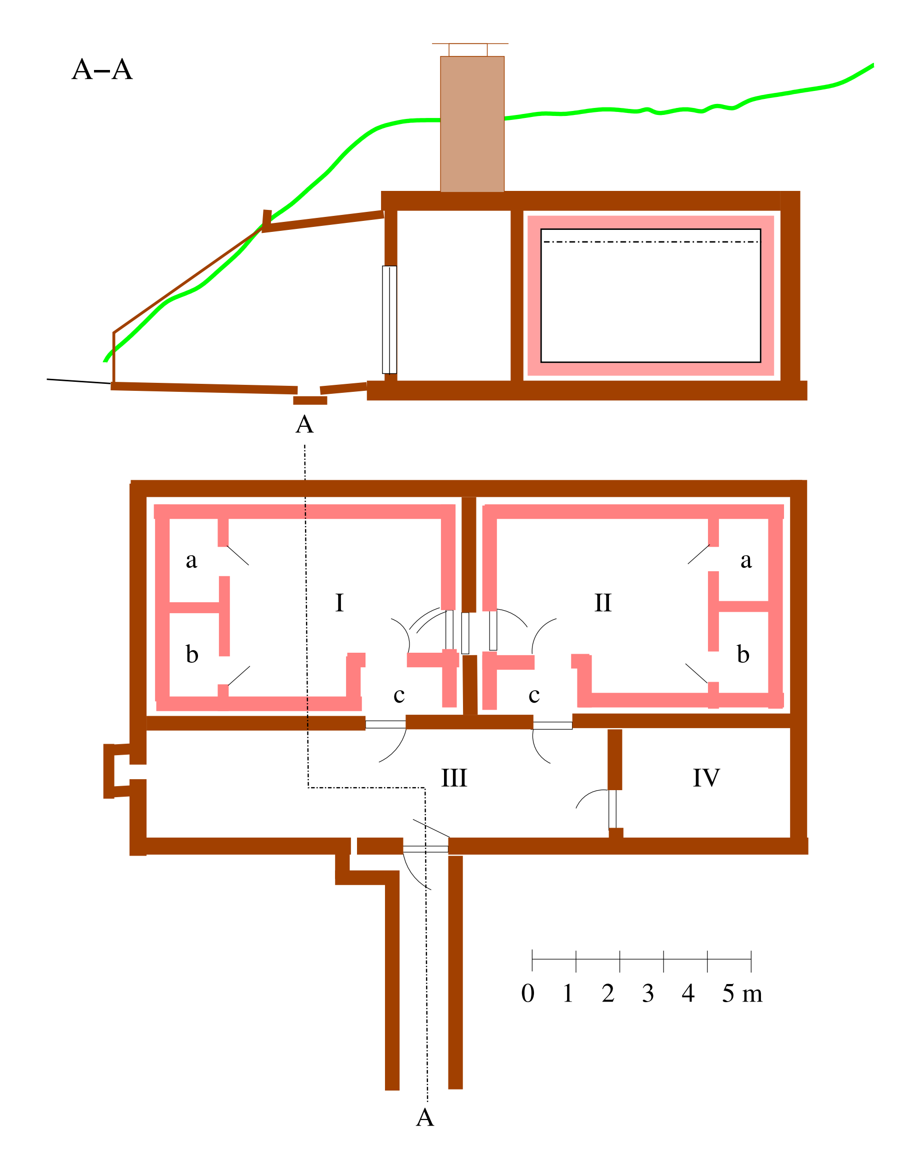


Abbildung 3.3: *Oben: Seitenansicht (Lage: A–A). Unten: Aufriss. Braun: Verstärkter Beton. Rosa: Ziegelsteinmauern.[] III Kontrollraum, IV spezieller Versuchsraum. Nach Wever (1979)*





Abbildung 3.4: *Wohnraum (links) und Küche (Mitte) und Duschraum (rechts) in Erling-Andechs. Verzerrung durch Weitwinkelobjektiv*

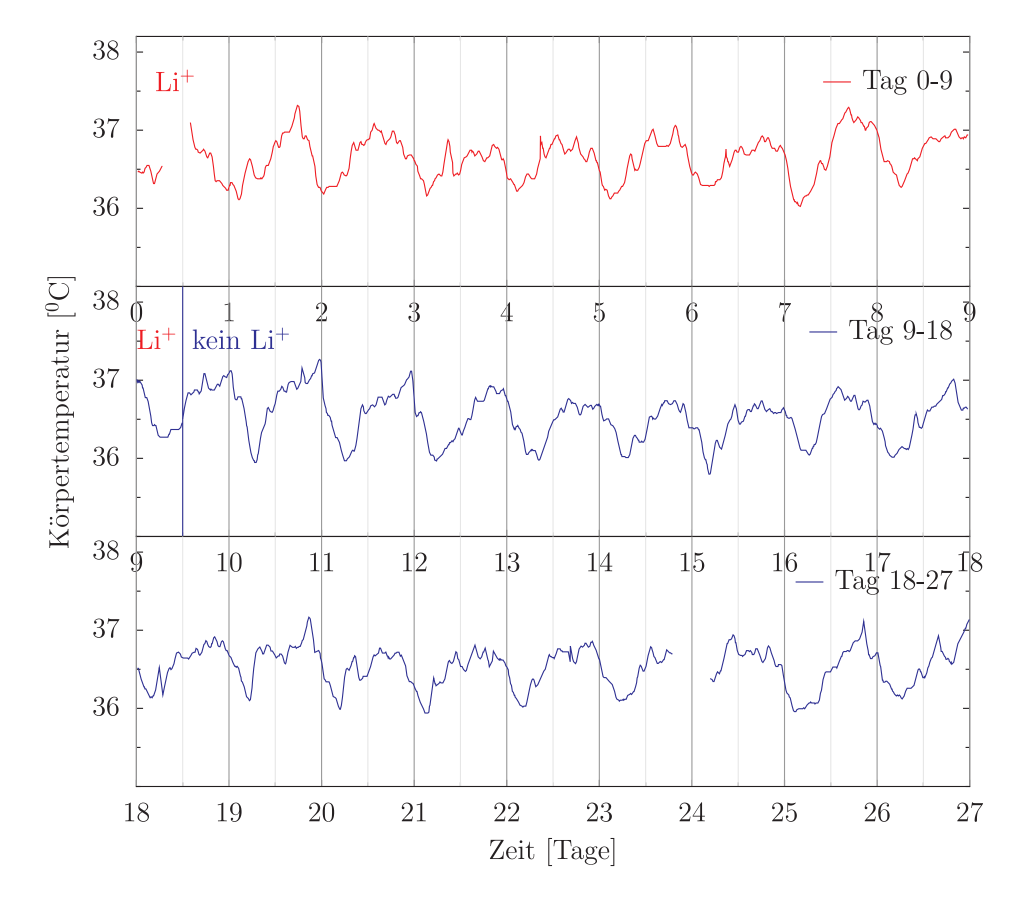


Abbildung 3.5: *In einem von Zeitgebern freien unterirdischen Raum in Andechs (südlich von München) wurde zwischen dem 15. 9. 1975 und 13. 10. 1975 der Tagesrhythmus der Rektaltemperatur bei Wolfgang Engelmann mit einer Sonde gemessen. Während der ersten Zeit wurden von ihm jeden Tag Li^+-Tabletten geschluckt. Nach 10 Tagen, am 24. 9., hörte die Li^+-Behandlung auf. Die Periodenlänge des Temperaturrhythmus während der Li^+-Aufnahme wurde aus den Abständen zwischen den Minima abgelesen und betrug 24.6 Stunden. Ohne Li^+ betrug die Periode nur 23.97 Stunden. Demnach scheint Li^+ den Tagesrhythmus zu verlängern*

die Körpertemperaturkurven). *Die Periode meiner Körperuhr war während der Li^+ Aufnahme länger.*

3.2 Datenerfassung

Zuverlässige Geräte sind eine wichtige Voraussetzung für Experimente. Manchmal kann man diese für bestimmte Zwecke nicht kaufen. Entweder, weil es sie noch nicht gibt, oder, weil die Kosten zu hoch sind. In unserem Fall traf beides zu. Zwar konnte man für Messungen der Körpertemperatur in Kliniken bereits Messgeräte kaufen[1], die sich aber für unser Vorhaben nicht eigneten und/oder zu teuer waren. Deshalb entschieden wir uns dafür, die Geräte selbst zu bauen. Um unter den Bedingungen Spitzbergens kontinuierlich und zuverlässig Messdaten erfassen zu können, mussten besondere Anforderungen erfüllt sein:

- Das Gerät sollte über den vorgesehenen Untersuchungszeitraum von vier bis fünf Wochen völlig wartungsfrei arbeiten.
- Die Messdaten mussten zuverlässig gespeichert werden.
- Das Gerät sollte gegenüber hoher Luftfeuchtigkeit und Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes unempfindlich sein. Wenn es ständig am Körper getragen wird, muss es auch gelegentliche heftige Stöße aushalten.
- Die abgespeicherten Daten sollten für die Versuchsleiter ohne Hilfsmittel direkt lesbar und auswertbar sein. Sie mussten ja die Werte kontrollieren können und danach Entscheidungen treffen für die weitere Durchführung der Versuche.

Bei einer Elektronikmesse in München sah Waldemar einen Thermodrucker der Firma Kontron (Einbau-Druckertyp 5010[2]), der sich für unser Gerät eignete. Die digitalisierten Messwerte konnten auf Papierollen gespeichert werden. Die Werte lieferten auf metallisiertem Papier ein kontrastreiches Druckbild. Die Druckmechanik war völlig wartungsfrei. Die ganze Einheit arbeitete lageunabhängig. Ein Batteriesatz langte für Dauerbetrieb über mehr als 4 Wochen. Allerdings war die Registriereinheit so groß wie eine kleinere Fototasche. Außerdem mussten die Messwerte vom Papierstreifen manuell in einen Rechner eingegeben werden, bevor sie weiterverarbeitet werden konnten. Immerhin konnte man die Daten bereits in Spitzbergen per Hand auf Millimeterpapier übertragen und auf diese Weise an Ort und Stelle die Kurven begutachten und schnell irgendwelche Fehler erkennen.

Beim Bau der Messgeräte hatte Waldemar Hilfe von seinem Schwager, Reimar Lenz, der sich mit Elektronik gut auskannte.

Die Temperatur wurde mit einer Rektalsonde gemessen. Es wurde der monolithische Temperatur-Transducer LX 5700 AH der Firma National Semiconductor verwendet. Er wurde in eine kleine Kunststoffkapsel eingegossen. Mit diesem integrierten Schaltkreis kann die Temperatur hochpräzise und auf einfache Weise gemessen werden (Schalt- und Funktionsprinzip in Abbildung 11.7).

Die lokomotorische Aktivität des Körpers wurde mit einem Aktometer regi-

[1] zum Beispiel Solicorder der Firma Ambulatory Monitoring Inc. Ardsley, New York; Kosten Solicorder 16 1585 \$, Temperatursonde 85 \$, Batterieeinheit 100 \$, Ladegerät 15 \$, Computer-Interface zum Auslesen der Daten 575 \$, dass heißt 2360 \$ pro Einheit.

[2] Thermoprinter NIP18 der Firma Olivetti Co.

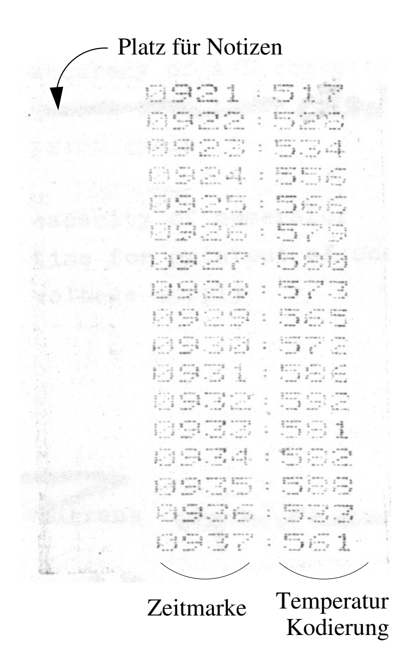


Abbildung 3.6: *Beispiel eines Ausdrucks des Messgerätes DE101. Alle 512 Sekunden wird eine neue Zeile auf das Thermopapier gedruckt. Die ersten vier Ziffern dienen als fortlaufende Zeitinformation (alle 512 Sekunden ein Wert), die nächste Ziffer kodiert die Aktivität und die letzten drei Ziffern die Rektaltemperatur (Wert $\times$ 0.05 + 35 = Temperatur °C)*

striert. Es bestand aus einem Quecksilberschalter in einer Plastikkapsel und konnte wie eine Armbanduhr am Handgelenk getragen werden (Details auf Seite 167).

Eine Druckzeile auf dem Papier besteht aus einer vierstelligen Zahl, dem Numerator als Zeitinformation, einer einstelligen Zahl als Maß für die Körperaktivität während des letzten Messintervalls und einer dreistelligen Zahl als Information über die augenblickliche Körpertemperatur (siehe Abbildung 3.6). Ein Beispiel eines kürzeren Registrierabschnitts ist in Abbildung 3.7 zu sehen.

Das Messgerät für die Körpertemperatur und die Armbewegung (DE 191) war in einer Tragetasche aus Polystyrol untergebracht (Abbildung 3.8). In der Tasche waren außerdem Latex-Überzüge und Klopapier, Puder, Vaseline und Zinksalbe für die Temperatursonde. Außerdem enthielt sie eine Ersatz-Papierrolle, vier 6 V-Ersatz-Batterien und eine 9 V-Ersatzbatterie. Bleistift, Tagebuchbögen zum Eintragen der Zeiten, zu denen Urin gesammelt wurde, PVC-Schnappdeckel-Röhrchen für den Urin, Beschrifter und Filmoplast vervollständigten die Ausrüstung.

Eine Kurzbeschreibung für die Bedienung durch die Teilnehmer ist im Anhang zu finden (11.5.2).

Mit dem pH-Meter wurde der pH des Urins bestimmt. Die pH-Elektroden befanden sich in einer Schutzhülse mit 3 M KCl. Außerdem gab es eine Spritzflasche mit destilliertem Wasser, eine Tropfflasche mit 3 M KCl, eine Tropfflasche mit einer Eichlösung für pH 4 und eine weitere für pH 7, einen Messzylinder für 500 ml, ein Thermometer, je ein Schnappdeckelgefäß für 3 M KCl, für pH 4, für pH 7 und eine weitere für die aktuellen Messungen des pH.

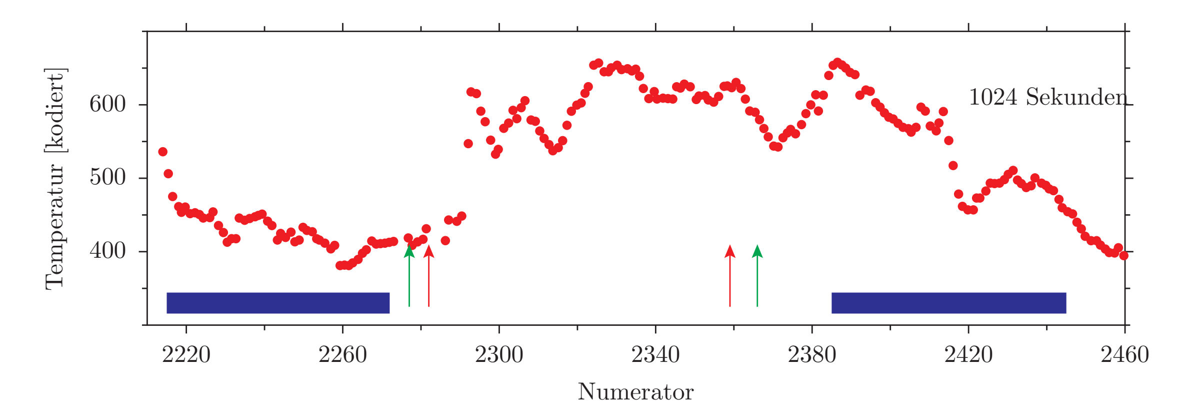


Abbildung 3.7: *Beispiel für eine rektale Temperaturmessung mit Messgerät DE101. Kodierte Temperatur auf y-Achse. x-Achse mit kodierter Zeit als Numerator. Gewählte Abstände zwischen den Druckwerten 512 Sekunden. Der Abstand zwischen den ersten beiden Zahlen auf der Zeitachse (2220 und 2260) ist 5.69 Stunden, zwischen der ersten und letzten (2220 und 2460) ist 34.135 Stunden. Grüne Pfeile Essen, rote Pfeile körperliche Aktivität, blaue Balken Schlafzeiten.*

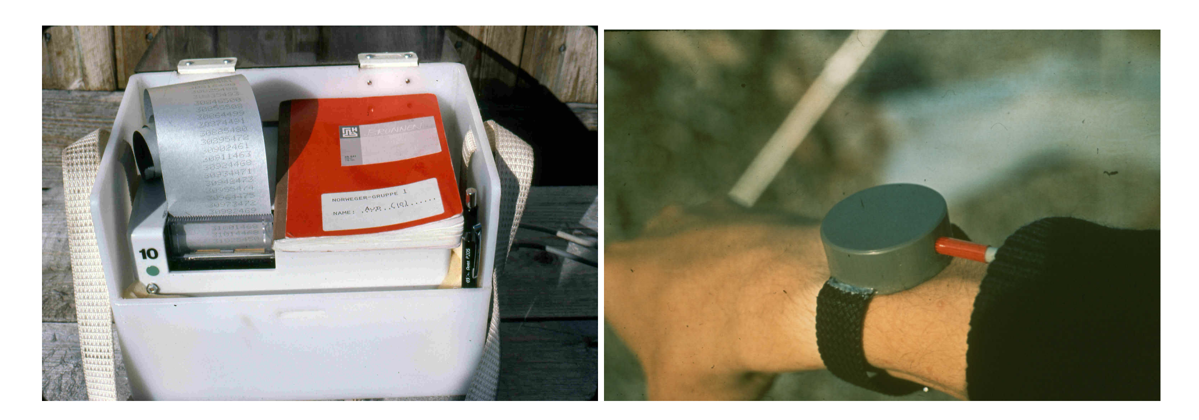


Abbildung 3.8: *Messgerät für den Verlauf der Körpertemperatur und der Armbewegung. Ein Kabel verbindet die Temperatursonde (im Rektum getragen) mit dem Gerät. Ein anderes Kabel überträgt die Daten vom Aktometer (am Handgelenk, Abbildung rechts). Das Messgerät wird in einem Polystyrolgehäuse mit durchsichtigem Plastikdeckel getragen. Drucker mit Druckpapier im Ausschnitt des Gerätes sichtbar, beachte auch das rote Tagebuch für Eintragungen.*

4 Planung der Versuche am Menschen

Die Versuche zum Prüfen der Li^+- Wirkung auf die Tagesrhythmen des Menschen sollten im Dauerlicht des arktischen Sommers in Spitzbergen am Menschen durchgeführt werden. Es wird beschrieben, wie schwierig es ist, dafür Forschungsgelder zu bekommen. Erst nach einem Vorversuch konnten die Gutachter überzeugt werden, dass in Spitzbergen die Tagesuhr nicht auf den 24-Stunden Tag synchronisiert wird, sondern frei läuft.

Die Idee, zu testen, ob auch beim Menschen der Tagesrhythmus durch Li^+ verlangsamt wird, ließ uns nicht mehr los. Anders Johnsson hatte vorgeschlagen, die Untersuchungen auf Spitzbergen durchzuführen. Dort herrscht im Sommer Tag und Nacht Licht, weil das Land jenseits des Polarkreises liegt, nur etwa 1000 km vom Nordpol entfernt (siehe Abbildung 4.1, mehr zu Svalbard siehe Stange (2008)).

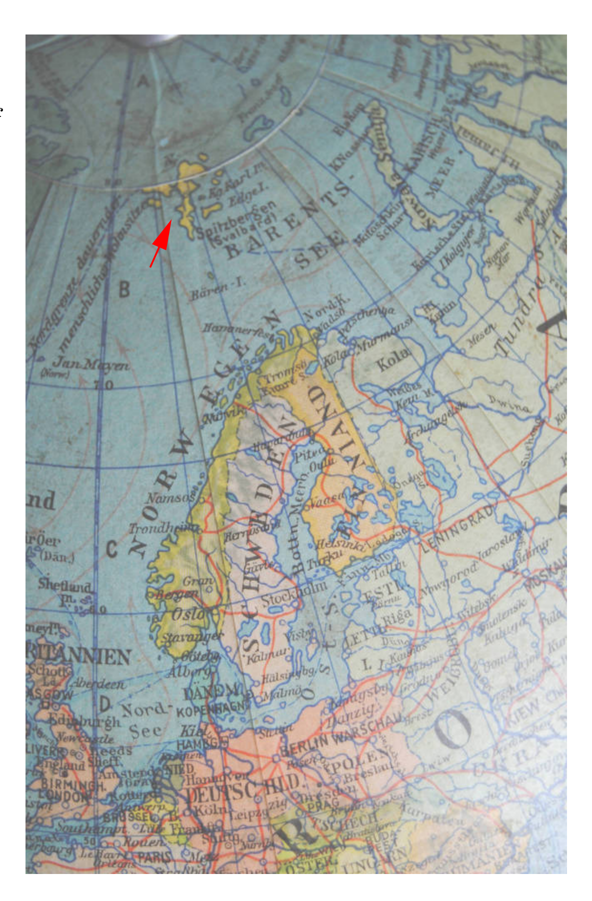


Abbildung 4.1: *Lage Spitzbergens (Pfeil)*

Im Wintersemester 1976/1977 veranstaltete ich in Tübingen und Anders in Trondheim ein Seminar, um diese Idee mit Studenten zu diskutieren. Wir überlegten uns, was wir dabei alles bedenken mussten, um das Experiment durchzuführen. In einem "brain-storming" sammelten wir zunächst einmal alle Einfälle und Gedanken, die den Teilnehmern dazu kamen und ihnen wichtig erschienen. Die Themen wurden in vier Themenkreise eingeteilt:

1. wissenschaftlicher Teil
2. medizinischer Teil
3. methodischer Teil

4. Reisevorbereitungen und -durchführung (Logistik)

Die Durchführung planten wir ursprünglich für Sommer 1978.

Im wissenschaftlichen Teil wurden die Versuche geplant. Welche Tagesrhythmen misst man am besten? Und wie? Was ist die günstigste Zahl von Versuchspersonen? Soll man die Teilnehmer in Gruppen oder einzeln leben lassen? Sollen die Versuchspersonen während eines Teils der Versuchszeit Li^+ nehmen und danach oder davor "Placebos"[1]? Sollen sie also ihre eigene Kontrolle sein? Oder sollen Gruppen gebildet werden, die während der ganzen Versuchszeit immer das gleiche - Li^+ oder Placebo- einnehmen? Sollten die Versuchsleiter wissen, ob die Gruppen zu bestimmten Zeiten Li^+ bekommen oder nicht, oder soll es ein Doppelblind-Versuch sein, bei dem weder die Teilnehmer noch die Versuchsleiter wissen, wer was bekommt?

Im medizinischen Teil wurden vor allem Sicherheitsmaßnahmen diskutiert. Gibt es unerwünschte Nebeneffekte des Li^+ und wie können sie vermieden werden? Welche Vorstellungen gibt es über die Wirkungsweise des Li^+ bei Depressionen? Die Teilnehmer des Seminars lasen dazu eine Reihe wissenschaftlicher Berichte und diskutierten sie im Hinblick auf die geplanten Untersuchungen.

Im methodischen Teil überlegten wir uns, welche Rhythmen überhaupt gemessen werden können und wie man das am besten tut. Was für Bedingungen müssen dabei berücksichtigt werden? Wir entschieden uns für die Messung der inneren Körpertemperatur. Sie zeigt einen ausgeprägten Tagesrhythmus. Außerdem war sie bereits in zahlreichen Untersuchungen als Zeiger der inneren Uhr benutzt worden. Glücklicherweise war Waldemar Klemke unter den Teilnehmern des Seminars. Als Biologe hatte er genügend Einblick und Verständnis für die biologische Seite der Messaufgabe, als Hobby-Elektroniker und Bastler beherrschte er die technische Seite. Er schlug zunächst eine telemetrische Übertragung der Daten vor. Nachdem er aber bei verschiedenen Firmen dafür Angebote eingeholt hatte, liessen wir aus Kostengründen diese Idee wieder fallen. Die Sender und Empfänger hätten über 100 000 DM gekostet. Wenn Berge zwischen dem Aufenthaltsort und der Empfangsstation lägen, würden noch aufwendige Zwischenstationen hinzukommen. Digitale Speicher boten sich als günstige Alternative an. Die dann schließlich von Waldemar entwickelten und gebauten Geräte sind in Unterabschnitt 3.2 beschrieben.

Wir machten uns auch über die Dinge Gedanken, die für die Reise nötig waren. Angebote von Reisebüros für verschiedene Alternativen und Kombinationen von Auto, Bahn, Flugzeug und Schiff wurden eingeholt. Es wurde überlegt, wie die Teilnehmer unterzubringen sind, in Zelten oder Hütten. Welche Ausrüstung nötig ist, welche Verpflegung.

Am Ende des Seminars machten wir eine Exkursion an das Max Planck Institut für Verhaltensphysiologie in Erling-Andechs (siehe Abschnitt 3.1). Wir besprachen unsere Pläne und erhielten eine Reihe von Hinweisen und Vorschlägen für unser geplantes Unternehmen.

Eine Hauptfrage war die Finanzierung des Vorhabens. Wir hofften, dass die pharmazeutische Industrie dafür Gelder zur Verfügung stellen würde. Aber Li^+-Tabletten bringen zu wenig Geld ein. Entsprechende Nachfragen waren erfolglos.

[1] Tabletten, die genauso aussehen und genauso verpackt sind wie das Medikament, aber keine wirksame Substanz enthalten

Nur die Placebos und Li^+-Tabletten würde man uns kostenlos zur Verfügung stellen (Fa. Smith Kline, Dauelsberg GmbH & Co, Göttingen).

Wir stellten deshalb am 30. November 1976 bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (kurz DFG) in Bad Godesberg einen Antrag auf Sachmittel. Die DFG ist die zentrale Selbstverwaltungseinrichtung der Wissenschaft zur Förderung der Forschung an Hochschulen und öffentlich finanzierten Forschungsinstitutionen in Deutschland. Sie finanziert Forschungsaufgaben und fördert die Zusammenarbeit der Forscher. Um ein Forschungsvorhaben durch die DFG finanziert zu bekommen, muss man einen Antrag stellen, für den es bestimmte Regeln gibt (Leitfaden für Anträge auf Sachbeihilfen). Der Antrag wird dann an Gutachter geschickt, die ihn beurteilen. Falls die Gutachter den Antrag befürworten, wird er an den Senat der DFG weitergeleitet. Dieser entscheidet dann je nach der finanziellen Situation der DFG, ob die geplante Untersuchung durch die DFG gefördert werden kann.

In solch einem Antrag stellen sich die Antragsteller zunächst unter allgemeinen Angaben vor und nennen das Thema und die Dauer ihrer geplanten Untersuchung. Dann wird das Forschungsvorhaben dargestellt und die Ziele genannt. Der Stand der Forschung, die eigenen Vorarbeiten zum Thema und das Arbeitsprogramm werden geschildert. Als nächstes muss man darlegen, was für die Untersuchungen alles nötig ist: Wie sich die Arbeitsgruppe zusammensetzt, mit welchen Wissenschaftlern sie zusammenarbeitet, welche Geräte und Sachmittel schon vorhanden sind. Danach wird angegeben, für was man bei der DFG Mittel beantragt. Das sind also Gelder für die Mitarbeiter und Hilfskräfte (oft Studenten), für Apparate und Verbrauchsmaterial, für Reisen und für Aufträge an Dritte (zum Beispiel Analysen in Speziallabors, Fotoarbeiten).

Nach unseren Kalkulationen müssten für 14 Versuchspersonen (Studenten) und drei Versuchsleiter 52900.- DM veranschlagt werden. Davon waren 29600.- DM für Reisekosten nötig, 14400.- DM für den Bau von acht digitalen Datenerfassungsgeräten, 3870.- DM für Verbrauchsmaterial und 1530.- DM für sonstige Kosten. Außerdem wurden 3500.- DM für die Auswertung der Daten durch studentische Hilfskräfte benötigt.

Nachdem der Antrag abgeschickt war, sendete ich noch folgenden Nachtrag an die DFG:

Wie mir Herr Johnsson heute telefonisch mitteilte, hat er sich mit Prof. Rønning eingehend über unsere Spitzbergen-Pläne unterhalten. Dieser hält das Gebiet um Ny Ålesund für die Untersuchungen für geeigneter als das Gebiet um Longyearbyen. Dort gibt es Unterkunft für die Versuchsleiter. Statt in Zelten zu leben, schlägt er vor, die sechs Versuchsgruppen in Hütten unterzubringen. Davon gibt es in der Umgebung mehrere mit genügend Abstand voneinander. Gefahren durch Eisbären hält er für äußerst gering. Der Unglücksfall in diesem Jahr lag an sehr ungünstigen Witterungsbedingungen im Frühjahr. Ein Boot zur Versorgung und Überwachung der Teilnehmer steht durch das Polarinstitut in Ny Ålesund zur Verfügung. Der Transport von Longyearbyen nach Ny Ålesund sollte am besten per Hubschrauber erfolgen.
Herr Johnsson würde für vier der zwölf Versuchspersonen einen Antrag auf Sachbeihilfe beim Polarinstitut stellen. Falls dieser genehmigt wird, würden 15367.- DM entfallen (vier Datenerfassungsgeräte 6400.- DM, Verbrauchsmaterial 1287.- DM,

Reisekosten 3728.- DM, Aufenthaltskosten 1344.- DM, Ausrüstung 12608.- DM).

Da wir von der DFG wegen unseres Antrages noch keinen Bescheid hatten, frugen wir dort an und erhielten die Auskunft, die Gutachter hätten noch nicht geantwortet. Wir schickten deshalb am 4. 11. 1977 einen Brief an die DFG mit der Bitte, diesen an die Gutachter weiterzuleiten.

Am 24. 11. 1977 bekamen wir einen Brief von der DFG, in dem auf unsere mehrfache Anfrage nach dem Stand der Begutachtung eingegangen wurde. Diese sei noch nicht abgeschlossen. Es wurden uns aber die Bedenken eines Gutachters mitgeteilt (siehe im Anhang Seite 144), auf die wir in einem Brief eingingen (siehe im Anhang Seite 145).

4.1 Ein Vorversuch 1978

Anders setzte sich von Norwegen aus mit dem Sysselman in Svalbard, mit dem Stationschef der Forschungsstation in Ny Ålesund, und mit Wissenschaftlern in Trondheim, die bereits in Svalbard waren, in Verbindung. Die Vorbereitung eines solchen Experimentes kostet meistens sehr viel mehr Zeit, als man ahnt. Um davon einen kleinen Einblick zu geben, führe ich hier einige Beispiele an, was alles bedacht werden musste (siehe dazu mein Schreiben an die Norwegische Botschaft in Bonn und die Antwort der Botschaft auf Seite 148).

Um die DFG davon zu überzeugen, dass die Bedenken der Gutachter nicht ernsthaft gegen den Versuch sprachen, planten wir für 1978 einen Vorversuch. Zwei Studenten hatten sich dazu bereit erklärt, Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler.

Kurz vor Abreise der Beiden wurde der Antrag durch die DFG genehmigt, aber erneut Bedenken geäussert.

Anders Johnsson schickte den beiden Teilnehmern am Li^+-Vorexperiment 1978 eine Liste mit Punkten zur Erinnerung (siehe Anhang Seite 149). Sie sollten die Geräte testen, Hütte, Lebensweise, Lebensmittel, Kleidung, Rucksäcke usw. ausprobieren. Die Beiden fuhren mit einem eigenen VW-Bus von Tübingen nach Oslo. Von dort flogen sie über Tromsø nach Longyearbyen. Bis zur Abfahrt des Schiffes (der *Hurtigruten*) zelteten sie in der Nähe von Longyearbyen. Dann fuhren sie mit der *Hurtigruten* nach Ny Ålesund (Abbildung 4.2).

Ein Engländer brachte die Beiden mit einem Boot zur Blomstrand-Halbinsel auf der anderen Seite des Kongsfjords (Abbildung 4.3). Dort lebten sie in der London-Hütte (Abbildung 4.4). Um nicht von Besuchern gestört zu werden, brachten sie Schilder in verschiedenen Sprachen an der Tür der Hütte an (siehe Abbildung 4.5).

Sie begannen mit den Messungen am 9. Juli 1978. Obwohl wir darum gebeten hatten, keine ungewöhnlich langen Wanderungen zu unternehmen und zusammen zu bleiben, hatte F.M. das am 15. 7. und 22. 7. getan. Das äußerte sich dann in seinem Körpertemperaturverlauf, im Schlaf-Wachrhythmus (Abbildung 4.7) und in der lokomotorischen Aktivität (Abbildung 4.8). Die beiden hatten aber eine gute Zeit, die Tage verbrachten sie mit Essen kochen, Holz machen und anderen Arbeiten in und bei der Hütte, mit Wanderungen, Beobachtung von Vögeln, Fotografieren (siehe Abbildung 4.6).

Wir hatten befürchtet, dass möglicherweise Zeitgeber wie Richtung der Sonne oder Aktivitäten der Menschen in Ny Ålesund als Zeitgeber wirken könnten und den Freilauf nach der inneren Uhr verhindern würden. Das war aber nicht der Fall, wie die Auswertung der Daten zeigte (Abbildung 4.7 und 4.8). Am 27. 7. wurden die Teil-



Abbildung 4.2: *Ny Ålesund vom Flugzeug gesehen, Kongsfjord*

nehmer wieder nach Ny Ålesund gebracht. Von dort fuhren sie mit dem Schiff nach Longyearbyen und mit dem Flugzeug über Tromsø nach Trondheim, wo sie Anders besuchten.

Mit dem Flugzeug ging es dann nach Oslo, von wo sie mit dem VW-Bus nach Deutschland zurückfuhren. Die Ergebnisse der Periodogrammanalyse der Körpertemperatur-Rhythmen von Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler während ihres Aufenthaltes in der London Hütte sind in Tabelle 4.1 zusammengestellt. Die bei der Analyse gefundenen Hauptperioden betrugen 25.5 und 30.3 Stunden, wie aus der Tabelle zu entnehmen ist (diese Werte sind knapp über der 95 % Konfidenzgrenze); ferner waren 27.8 und 22.8 Stunden-Komponenten vorhanden. Andere Perioden, die in den Daten vorhanden sind (und die man erhält, wenn man die Hauptrhythmen abzieht) sind in der Reihe "Residuen" aufgelistet.[2]

Daten von Mörgenthaler wurden zwischen dem 15. und 25. Juli analysiert, da der Datenausfall am 15. . nicht interpoliert wurde. Die langen Perioden im analysierten Zeitraum sind durch längere Wanderungen am 20. und 21. 7. bedingt.

Am 5. August 1978 schickten wir einen Bericht über diesen Vorversuch an die DFG, der im Anhang auf Seite 147 zu finden ist.

Brigitte Hirth, eine ehemalige Studentin von mir, schrieb über diesen Vorversuch einen Artikel im Schwäbischen Tagblatt, der später auch in “Die Zeit” veröffentlicht wurde. Sie erhält dafür einen Preis.

Am 18. 8. 1978 kam endlich die Bewilligung unseres Antrages auf Sachbeihilfe

[2] Die Daten von Mörgenthaler wurden zwischen dem 15. und 25. Juli analysiert, da der Datenausfall am 15. nicht interpoliert wurde. Die langen Perioden im analysierten Zeitraum sind durch längere Wanderungen am 20. und 21. 7. bedingt

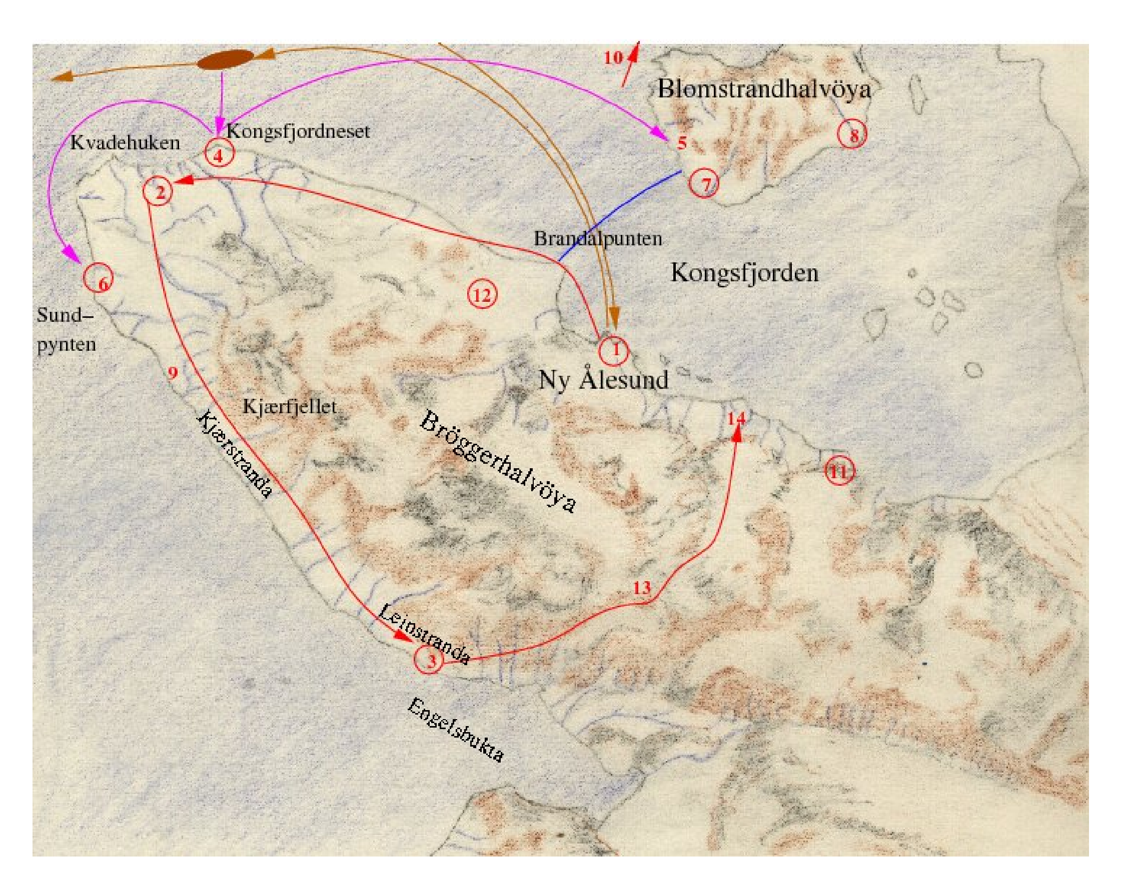


Abbildung 4.3: *Karte von Ny Ålesund und Umgebung mit Wegen und Hütten. Für den Vorversuch lebten Fritz Mörgenthaler und Helmut Ellinger in der London-Hütte (roter Kreis mit 7) gegenüber von Ny Ålesund (1).*
Für den Hauptversuch waren Aud und Olav in Geopol (2) und Inga und Lars-Erik in Stenehytta (3) untergebracht. Die roten Pfeile geben die Wege zu den Hütten und eine spätere Bergüberquerung durch Anders und mich (13,14) an. Die Gruppen der deutschen Teilnehmer hatten ihre Quartiere in Londonhytta (7), Gorillaheimen (8), Ragnahytta (10, außerhalb der Karte), Tyskerhytta (11) und Nilseby (12). Ferner ist mit einem braunen Pfeil die Fahrt der Polarstar nach Ny Ålesund und ihre Rückfahrt eingezeichnet, wobei die blaue Linie den Beginn der geschlossenen Eisdecke im Kongsfjord angibt. Lila Pfeile zeigen einige Bootsfahrten: Von der Polarstar zum Kongsfjordneset (4), von dort mit dem Schlauchboot zur Blomstrand-Halbinsel (5) und zum Survivalcamp (6). Kjærsviken (9) war ursprünglich als Hütte für die Geschwister Rudolph geplant. Nach einem Ausschnitt der topografischen Karte von Svalbard, Blatt A7 Kongsfjorden 1:100 000 des Norsk Polarinstitutt vom Autor gezeichnet



Abbildung 4.4: *In der London-Hütte waren Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler untergebracht. Blick auf Ny Ålesund*

Hyvä ystävä!

Suoritamme tieteellistä koetta ihmisen vuorokausirytmistä.

Meidän ei pitäisi saada tietoa päivästä eikä vuorokaudenajasta. Olkaa hyvä, älkää antako meille mitään vihjettä ajasta, pitäkää kellonne piilossa, älkää sanoko hyvää huomenta tai hyvää iltaa jne. Älkää viipykä täällä! Olisi kiva rupatella, mutta tieteellinen kokeemme voisi häiriintyä.

Kiitos ymmärtämyksestämme!

Helmut Ellinger
Fritz Mörgenthaler

Tübingenin yliopisto
Saksan Liittotasavalta (BRD)

Уважаемый друг,

здесь проводят научный опыт с целью исследования суточного ритма человека.

Нам нельзя знать ни дня ни часа.
Не покажите нам Ваши часы, не скажите „Доброе утро", „Добрый вечер", не дайте какое-то указание на время!

Пожалуйста, не остановитесь здесь, чтобы Вы не мешали в этот важный для медицины опыт!

Большое спасибо за Ваше сочувствие

Хельмут Еллингер
Фритц Моргенталер
Сотрудники университета в Тюбингене
(ФРГ)

Abbildung 4.5: *Informationsschilder an der Hüttentür in Englisch, Norwegisch, Finnisch und Russisch für Besucher, um Störungen zu vermeiden*



Abbildung 4.6: *Fritz Mörgenthaler und Helmut Ellinger auf einer Wanderung in der Nähe der London-Hütte. Zur Sicherheit (Eisbären) mussten sie ein Gewehr bei sich tragen. Dieses Bild erschien in "Schwäbisches Tagblatt", 22. September 1978 und wurde freundlicherweise durch die Zeitung zur Verfügung gestellt. Es ist das einzige noch vorhandene Bild, da alle anderen durch ein Feuer zerstört wurden.*

Tabelle 4.1: *Ergebnisse der Periodogrammanalyse der Körpertemperatur-Werte von Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler während ihres Aufenthaltes in der London Hütte bei Ny Ålesund, Spitzbergen. Periodenlängen in Klammern: schwach über 95 % Konfidenzgrenze. Alle Periodenlängen der Residuen mit Ausnahme der 37.0 Stunden Komponente von Mörgenthaler nur schwach über 95 % Konfidenzgrenze.*

Analysezeitraum	Periodenlängen	Signalenergie	Residuen (Std)
Ellinger 12.-27. 7.	25.5 (27.8)	40.8 %	20.0, 22.0. 27.6, 29.8
Mörgenthaler 15. - 25. 7.	(22.8) 30.3	32.4 %	13.5, 22.5 37.0

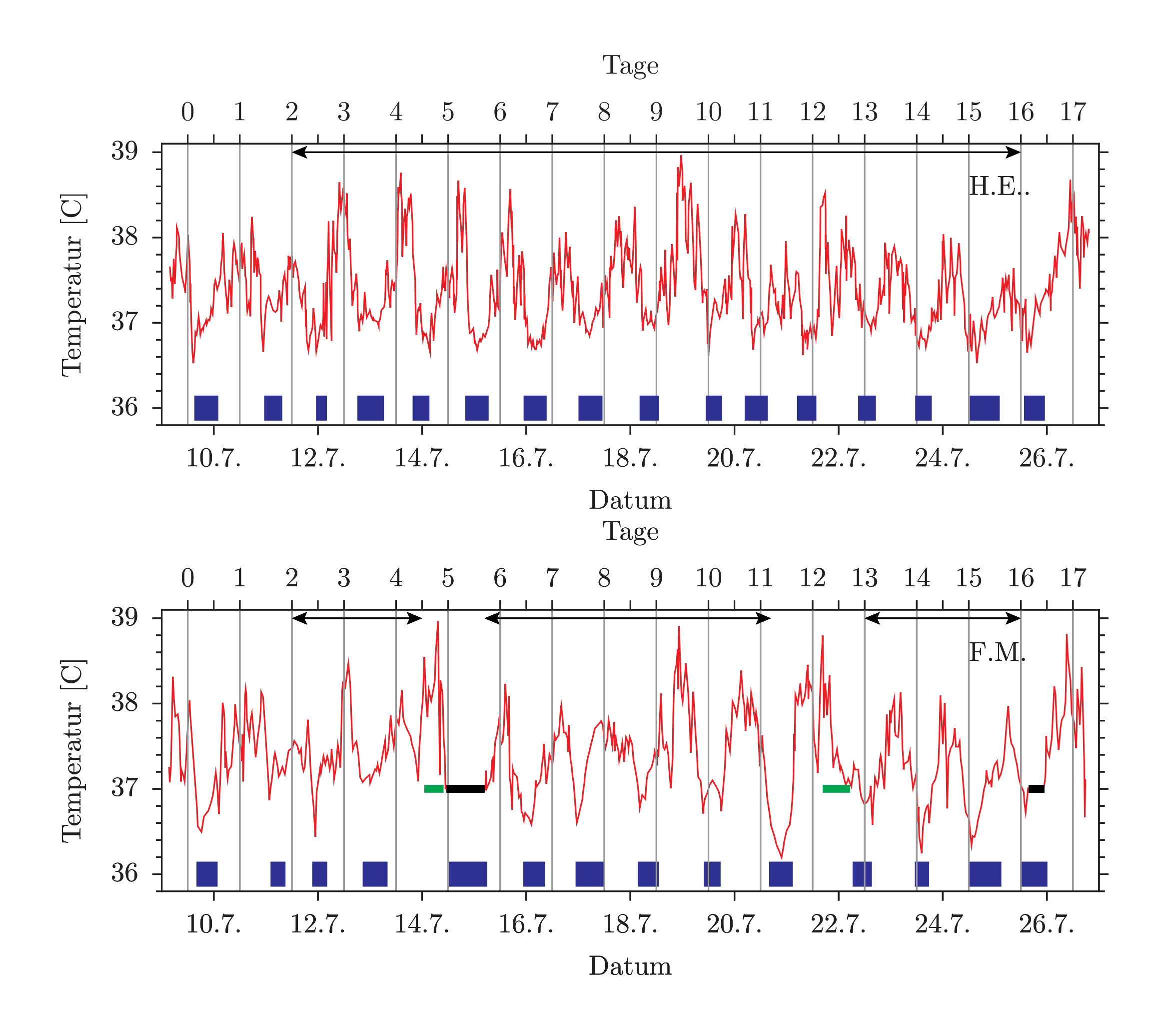


Abbildung 4.7: *Körpertemperatur-Rhythmus (rot) und Schlafzeiten (blau) der beiden Versuchspersonen Helmut Ellinger (H.E., oben) und Fritz Mörgenthaler (F.M., unten) im Zeitraum vom 9. bis zum 27. Juli 1978. Pfeile zeigen die analysierten Zeitabschnitte, im Fall von F. M. drei Perioden, da er zwei lange Wanderungen unternahm (grün), durch die keine Analyse in diesen Abschnitten möglich war. Fehlende Daten bei Messungen von F. M. schwarz markiert*

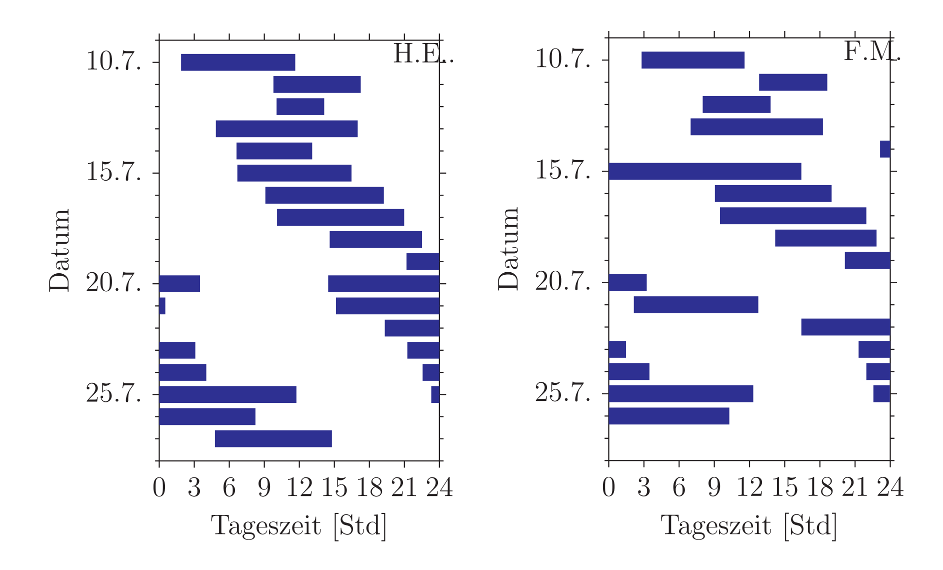


Abbildung 4.8: *Schlaf-Wachrhythmus (blau: Schlaf) der beiden Versuchspersonen Helmut Ellinger (H. E.) und Fritz Mörgenthaler (F. M.) im Zeitraum vom 10. bis zum 27. Juli 1978*

(En42/20). Seit 1975 hatte sich die Bewirtschaftung und Abrechnung der DFG-Sachmittel geändert. Während das davor die Antragsteller machen mussten, sollte jetzt die Verwaltung der Hochschulen diese Aufgabe übernehmen. Bei der Universitätskasse in Tübingen wurde für unser Projekt eine Kostenstelle eingerichtet. An die Verwaltung der Universität sollten wir uns auch richten, wenn Personal eingestellt würde.

Am 26. 9. 1978 erhielt ich folgenden Brief von der DFG:

Aufgrund der mit Brief vom 14. 9. 1978 übersandten pilot study und nach nochmaliger Befragung eines Gutachters können die Ihnen mit Bescheid vom 14. 8. 1978 bewilligten Mittel nunmehr freigegeben werden. Wir haben unsere Abteilung Prüfung und Abrechnung entsprechend unterrichtet.

4.2 Vorbereitung des Hauptversuchs 1979

Nach dieser Bewilligung haben wir nach Studenten gesucht, die an unserem geplanten Experiment in Spitzbergen teilnehmen wollten. Wir brauchten Teilnehmer, die gesund waren und bereit waren, alle Voraussetzungen anzunehmen und zu erfüllen, die für das Experiment nötig waren. Wir mussten daher eine Voruntersuchung bei den interessierten studentischen Teilnehmern durchführen. Wir hingen Informations- und "Anwerbe" Bögen auf, siehe den Aushang unten, und hofften auf geeignete Bewerbungen. In Trondheim suchte Anders ebenfalls nach interessierten Studenten und fand welche.

Aushang

Teilnehmer für eine Forschungsreise nach Spitzbergen gesucht (15. Juni bis 30. Juli 1978)

Es handelt sich um eine Untersuchung im Rahmen medizinisch-biologischer Grundlagenforschung. Die Problemstellung ergibt sich aus der bisher ungeklärten prophylaktischen Wirkungsweise von Li^+-Präparaten auf phasische Verstimmungszustände beim Menschen. Auf Grund von Untersuchungen an Pflanzen und Tieren besteht die begründete Arbeitshypothese, dass Li^+ die Tagesrhythmik beeinflussen könnte. Sollte sich dieser Effekt auch beim Menschen zeigen, wären wesentliche Erkenntnisse für die Behandlung der episodisch wiederkehrenden Verstimmungszustände gegeben.

Die Untersuchungen finden in Spitzbergen statt, weil arktische Dauerlichtbedingungen Voraussetzung für die Messungen sind. Engagement und besondere Einsatzbereitschaft müssen vorhanden sein, da die Verhältnisse in diesen Gebieten recht unwirtlich sind und auch ein gewisses Durchhaltevermögen erfordern. Es ist geplant, in Zweiergruppen für 6 Wochen ohne Zeitinformation in einfachen Hütten zu leben. Über die ganze Zeit finden Messungen verschiedener Körperfunktionen statt, die einem rhythmischen Wechsel unterliegen (kontinuierliche Messung der Temperatur mit einer Sonde im Enddarm und einem kleinen tragbaren Registriergerät, gleichzeitig Messung der Bewegung, Sammeln von Urinproben zur späteren Analyse der Ionen, Ausfüllen von Fragebögen über das Befinden). Von Zeit zu Zeit werden Blutproben durch einen Arzt entnommen. Es soll ein Tagebuch mit freien Eintragungen geführt werden.

Die Bedingungen, mit denen man in Spitzbergen um diese Zeit rechnen muss, sind Dauerlicht, ca. 5 - 10°C Umgebungstemperatur, Tundra ohne Bäume mit spärlicher Vegetation, Fjorde, steiniges Gelände. Eventuelle Risiken könnten sich aus der Geländebeschaffenheit, Verlaufen im Nebel, Berührung mit Eisbären ergeben. Die Landschaft ist langweilig und ohne Freizeitangebot.

Für die Versuchsdauer ist eine genügsame Lebensweise erforderlich. Als Partner eignen sich Ehepaare oder länger befreundete Personen, da das Zusammenleben ohne Kontakt mit anderen Menschen besondere Anforderungen stellt. Von Zeit zu Zeit wird Kontakt mit den Versuchsleitern stattfinden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, jederzeit Sprechfunkkontakt mit den Versuchsleitern aufzunehmen. Die Teilnehmer sind, abgesehen von den erforderlichen Tests, völlig frei in der Wahl ihrer Beschäftigung.

Die endgültige Auswahl der Teilnehmer findet nach einer eingehenden medizinischen Untersuchung statt. Maximal können nur 12 Personen teilnehmen. Die Untersuchung findet im Januar/Februar/März statt und beinhaltet unter anderem eine vorübergehende Einstellung auf das Li^+-Präparat, um die Verträglichkeit zu erproben (das Präparat wird bereits seit über 10 Jahren therapeutisch eingesetzt).

Reiseroute: Tübingen-Tromsø (Norwegen) mit Bahn. Tromsø-Longyearbyen auf Spitzbergen Linienflug. Longyearbyen-Ny Ålesund, Hubschrauber.

Versuchsleitung: Dr. W. Engelmann, Institut für Biologie I, Tübingen (Versuchsablauf und Organisation), Dr. B. Pflug, Nervenklinik Tübingen (Medizinische Leitung), Diplom-Biologe W. Klemke (Technische Leitung), Prof. A. Johnsson, Biophysik Trondheim (Norwegen) (Gesamtleitung, Sicherheit, Transport).

Bitte setzten Sie sich bei Interesse mit Dr. Pflug (Telefon Tübingen (07071) 296527 oder mit Dr. Engelmann (Telefon Tübingen (07071) 296162 in Verbindung.

Es meldeten sich mehr Studenten als für unser Experiment gebraucht wurden. Da aber Burkhard eine Studie plante, um die Wirkung von Li^+ auf physiologische und psychologische Eigenschaften zu untersuchen, war uns das nur Recht.

5 Die Teilnehmer

In Tübingen und Trondheim wurden im Rahmen von Seminaren tagesperiodische Messungen an Studenten durchgeführt und Teilnehmer für die geplanten Versuche in Spitzbergen ausgewählt.

Vor Beginn des Experimentes in Spitzbergen hatten wir im Rahmen eines Seminars Studenten in Tübingen und durch Anders parallel dazu in Trondheim eingeladen, ihre Körpertemperatur und die lokomotorische Aktivität unter dem Einfluss von Li^+ zu messen. Nach vier Wochen wurde dann die Messung mit Placebo-Tabletten weitergeführt. Vorher wurden alle Teilnehmer untersucht und die Menge an Tabletten bestimmt, die notwendig war, um den richtigen Li^+-Spiegel zu erreichen. Es wurden außerdem mit Fragebögen der chronobiologische Phasentyp (siehe Abschnitt 11.5.8) ermittelt und psychologische Tests durchgeführt. Den Studenten wurde in Aussicht gestellt, an unserer geplanten Spitzbergen-Expedition teilnehmen zu können. Die Auswahl erfolgte auf Grund der gemessenen Daten. Wichtig dabei war, deutliche Schwankungen im Verlauf der Körpertemperatur erkennen zu können, regelmäßige tägliche Verläufe und nicht zu extreme chronobiologische Typen zu finden.

Am Ende dieser Untersuchungen wurde für die beiden norwegischen Gruppen Aud Tveito-Ekse mit Olaf Ytre-Arne (Gruppe NI) und Inga Strömme mit Lars Erik Berg ausgewählt (Gruppe NII, siehe Abbildung 5.1). Die deutschen Gruppen bildeten Albert Gorthner mit Bernd-Ulrich Schäfer, Peter Klein mit Anna Schneider und die Geschwister Angelika und Bernd-Ulrich Rudolph (Abbildung 5.2).



Abbildung 5.1: *Olaf Ytre-Arne und Aud Tveito-Ekse (von links) war die Norwegergruppe I, Inga Strömme und Lars Erik Berg die Norwegergruppe II. Hier in Ny Ålesund aufgenommen*



Abbildung 5.2: *Anna Schneider (links vorn) mit Peter Klein (dahinter) war die deutsche Gruppe GI, Albrecht Gorthner (zweiter von links hinten) und Uli Schäfer (zweiter von links vorn) Gruppe GII und die Geschwister Angelika (zweite von rechts hinten) und Bernd-Ulrich Rudolph (rechts hinten) die Gruppe GIII. Hier auf dem Flugplatz von Longyearbyen aufgenommen. Unser Arzt Burkhard Pflug rechts vorn*

6 Reisen nach Ny Ålesund, Transporte zu den Hütten

Von unerwarteten Schwierigkeiten der Reise nach Ny Ålesund. Wie die zwei norwegischen und die drei deutschen Gruppen zu ihren Hütten gelangten und mit Lebensmitteln versorgt wurden

Ende Mai beauftragten wir die Hamburger Schiffahrtsgesellschaft, das Gepäck nach Ny Ålesund zu verschiffen. Von Tübingen wird es mit einer Transportfirma nach Hamburg geschickt, nachdem es vom Zollamt Tübingen abgefertigt wurde. Das angeblich nötige T2L-Formular wird bei der Zollabfertigung vorgeschlagen, es findet sich aber keins. Der Leiter des Zollamtes schlägt deshalb kein spezielles Formular vor, da es sich ja um persönliche Dinge handelt. Eine Liste muss angefertigt werden, auch die Titel der Bücher der Teilnehmer muß angegeben werden, die Anzahl der Gummistiefel u.s.w. Da wir das alles nachsehen müssen, geht am Ende der Kistendeckel nicht mehr zu. Am 9. Juni soll die Transportkiste mit dem Schiff Nord Norge nach Ny Ålesund gebracht werden und dort am 15. 6. ankommen. Wie Anders später von der Bergener Schiffahrtsgesellschaft durch ein Telefongespräch von Trondheim aus erfährt, konnte das Schiff wegen der vereisten See in Spitzbergen die Ladung nicht von Bergen nach Longyearbyen bringen und soll bei einem zweiten Versuch dorthin transportiert werden.

Am Samstag, den 26. 6. 1979 fahre ich mit Waldemar mit dem Zug von Stuttgart über Kopenhagen nach Oslo. Von dort fliegen wir nach Trondheim. Anders holt uns vom Flugplatz ab und zeigt uns den eindrucksvollen Dom. Abends treffen wir uns mit den vier Norwegischen Teilnehmern und besprechen die Reise und die schwierige und unerwartete Situation mit den vereisten Schiffahrtswegen in Spitzbergen. Wir kommen alle spät ins Bett.

Mit Taxi und Bus geht es am Sonntag, den 27. 6. morgens zum Flugplatz. Der Flug von Tromsø nach Svalbard hat wegen Nebel zwei Stunden Verspätung. Über der Beringstrasse ist eine starke Wolkendecke, die vor Svalbard sehr hoch ist. Es herrscht immer noch Nebel. Der Flugkapitän tröstet uns, es gäbe noch genug Treibstoff, um bis zu einer Stunde über Svalbard zu kreisen. Schließlich taucht das Flugzeug in den Nebel ein. In abenteurlichem Flug geht es durch eine tiefe Wolkendecke. Jetzt werden die Eisschollen auf dem Wasser sichtbar. Je mehr wir uns dem Land nähern, umso geschlossener wird die Eisdecke. Nun gibt es auch etwas mehr Sicht.

Am Flughafen von Longyearbyen holt uns Harald Celius ab. Ein VW Bus bringt Anders, Lars-Erik und Inga ins Vetenskapshus, die übrigen übernachten in der Hütte des MAB-Projekts[1] 12 km außerhalb des Ortes. Wir fahren durch eine trostlose Gegend der Kohleindustrie mit schmutzigen Strassen am Wasserreservoir von Longyearbyen vorbei. In der Hütte treffen wir Nicholas Tylor aus Cambridge. Er untersucht das Verhalten und die Überlebensrate des

[1] Man and Biosphere

Spitzbergen-Rens. Am Abend treffen wir uns mit den anderen im Vetenskapshus. Auf der Rückfahrt zur Übernachtung in der Hütte des MAB-Projekts hat der VW-Bus Panne. In der Nähe der Hütte zelten Deutsche und zechen die Nacht durch mit Inge, dem samischen Fahrer des Busses. Aud und Olaf gehen erst gegen 3:00 schlafen. Wir haben die erste Erfahrung mit dem Dauerlicht Spitzbergens und ziehen die Vorhänge vors Fenster.

Am Montag, den 28. 6. stehen wir um 7:00 Uhr auf. Um 9:00 wecken wir Aud und Olaf, die ziemlich unausgeschlafen sind. Olaf fährt, da Inge, der Fahrer, dazu noch nicht in der Lage ist. Durch einen Reifenwechsel kommen wir zu spät zum Flugplatz. Die erste Gruppe ist bereits abgeflogen. Wir, nämlich Lars-Erik, Waldemar, ich haben einen wunderbaren Flug über den Isfjord, an dem Longyearbyen liegt und über die Berge an der Küste entlang nach Ny Ålesund.[2] Das Wetter ist wesentlich besser als gestern. Wolken am Himmel, Eisschollen auf dem Wasser und viel Schnee auf dem Land. Wir landen auf einer kleinen Landepiste oberhalb von Ny Ålesund. Dann werden wir vom Leiter der Forschungsstation, Kristian Sneltvedt, begrüßt. Er spielte für uns während des gesamten Experiments eine wichtige Rolle. Wir trafen ebenfalls Harald Bratback vom Botanischen Institut in Trondheim, der im Rahmen des Projektes "Man and Biosphere" eng mit Professor Olaf Rønning zusammenarbeitete.

Wir bringen unser Gepäck in eine der Hütten der Forschungsstation, ein recht bequemes "Hauptquartier" für unser Team in den nächsten Wochen. Von hier aus werden wir uns um die verschiedenen teilnehmenden Gruppen in ihren Hütten kümmern und sie versorgen. Hier werden wir auch das Experiment überwachen und die Ausdrucke der Messgeräte auswerten, um uns ein Bild über die Körpertemperatur-Verläufe der Teilnehmer zu machen.

Zu diesem Zeitpunkt begann uns gerade erst das Ausmaß unserer Transportprobleme klar zu werden - wegen der starken Eisdecke im Kongsfjord konnte kein Schiff unsere Versorgungskisten bringen, und wir waren nicht in der Lage, die Hütten über das gefrorene Wasser mit unserem Schlauchboot zu erreichen.

Am Dienstag, den 29. 6. beginnt der subjektive Tag 1 für die vier Norweger mit herrlichem Wetter. Wir stehen um 6:45 auf, bereiten die Li^+- und Placebo-Tabletten in Briefumschlägen vor und haben um 7:30 Frühstück. Dann müssen wir zu den Hütten. Die erste, in der Aud und Olav leben

[2] Ny Ålesund ist eine der nördlichsten Siedlungen der Welt. Das erste Gebäude wurde 1901 von einer privaten Steinkohlegesellschaft errichtet. 1916 wurde der Ort gegründet. Die Kohleförderung wurde 1929 wieder eingestellt, da sie sich nicht lohnte. Ab 1945 wurde sie unter staatlicher Leitung wieder aufgenommen, aber nach einem Grubenunglück im Jahr 1963 endgültig eingestellt. Der Ort sollte aufgegeben werden. Die vorhandenen Gebäude wurden dann aber für eine Polarforschungsstation genutzt, die 1968 eröffnet wurde und ein internationales Forschungszentrum ist. Im Winter leben hier etwa 30 Personen, im Sommer etwa 120. Der Ort wird entweder über den Luftweg oder in der eisfreien Zeit per Schiff versorgt. Ny-Ålesund besitzt das nördlichste Postamt der Welt. Auf dem Berg Zeppelin befindet sich eine Station zur Atmosphärenforschung. Von dort hat man einen herrlichen Rundblick über den Kongsfjord.

Das Klima in Ny-Ålesund ist arktisch. Durch den Golfstrom ist es aber für den hohen Breitengrad relativ mild. Am kältesten ist es im Februar (Durchschnittstemperatur -15,2° C), am wärmsten ist der Juli (durchschnittlich 4,7° C). Die Niederschläge sind ziemlich gleichmäßig über das Jahr verteilt (durchschnittlich 385 mm Niederschlag), nur im Mai und im Juni ist es relativ trocken. Siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Ny-Ålesund

werden, ist Geopol, die von einer Erdölgesellschaft errichtet wurde, als sie dort versuchte, durch Bohrungen Erdöl zu finden. Sie liegt etwa 15 km westlich von Ny Ålesund (siehe Abbildung 4.3) auf Kvadehuken[3] in einer Steinwüste mit eigenartigem Reiz. Kleine Seen und Steinkreise (siehe im Anhang Abschnitt 11.5.13) findet man hier.

Die zweite Hütte ist Stenehytta, die auf der anderen Seite der Berge südlich von Ny Ålesund liegt (siehe Abbildung 4.3). Der Weg zu den Hütten gestaltete sich viel schwieriger, als wir erwartet hatten. Ursprünglich sollten die Gruppen mit ihrem Gepäck von Waldemar mit dem Schlauchboot an ihre Unterkünfte gebracht werden. Da aber der Winter so lange anhielt und der Kongsfjord noch zugefroren war, war weder die Kiste von Tübingen noch die Kisten mit den Lebensmitteln aus Norwegen angekommen. Zum Glück konnte Anders Notverpflegung von der Forschungsstation ausleihen, Skier für uns alle und einen Zugschlitten zum Transport des Gepäcks. Die Studenten hatten sich in Trondheim Fotogeräte gekauft und nach hierher schicken lassen. Auf diese Weise brauchten sie keinen Zoll zu zahlen. Neben den mitgebrachten Sachen kamen noch Benzin und Petroleum zum Kochen hinzu.

Um 13:15 zogen die vier Studenten, Anders, Harald Celius und ich von Ny Ålesund los. Waldemar war erkrankt. Er nahm Penicillin und blieb im Bett. Erst ging es über den zugefrorenen Fjord zum Brandalpunten, an den Felsen bei Stenhallet vorbei nach Geopol. Dort kommen wir nach ein paar Stunden an. Wir haben alle einen Imbiss. Harald Celius gibt den Männern der beiden Gruppen eine kurze praktische Anleitung zum Umgang mit den Gewehren. Danach läuft er nach Ny Ålesund zurück.

Die Meßgeräte von Aud und Olaf werden vorbereitet, Papier und Batterien geprüft. Um 23:30 werden sie gestartet (Aud schätzt diese Zeit 22:30, Olaf 23:00, Inga 22:00 und Lars-Erik 23:00). Auch ich beginne mit dem Messen meiner Körpertemperatur mit dem Datenlogger. Wir übernachten alle in der Hütte. Vorher inspiziere ich noch den Fluss in der Nähe. Er hat durch das Tauwetter einen sehr hohen Wasserstand.

Vor unserem Weg zur Stenehytta geben wir allen noch einige Anweisungen für die Versuchszeit. Sie sollen die Daten der Drucker in Umschläge an der Tür deponieren und die subjektiven Tage dazuschreiben, sodass wir sie auch abholen können, wenn sie schlafen oder unterwegs sind. In diesem Fall sollen sie angeben, wohin sie gehen wollen und wie weit. Sie sollen aber keine anstrengenden Wanderungen machen. Es soll notiert werden, wann und wieviel getrunken wird, die Essenszeiten, die Schlafzeiten und die Tätigkeiten. Auch die Wetterbedingungen sollten notiert werden. Für Notfälle sollte eine rote Fahne auf dem Dach gehißt werden und für Flugzeuge sichtbar ein SOS-Zeichen.

Am Mittwoch, den 30. 6. (subjektiver Tag 2) stehen Aud und Olav um 8:30 auf, um 9:30 gibt es Frühstück (Aud schätzt, dass es 6:30 ist, Olaf tippt auf 9:00, Inga auf 8:30, und Lars-Erik auf 9:00). Sowohl Anders als auch ich haben unruhig geschlafen. Anders schmerzt die Hüfte von der ungewohnten langen Skitour am Tag zuvor, und beim Wasser holen bricht er durchs Eis, sodass Schuhe und Hose nass werden. Wir beide haben nur wenig gegessen, um die Vorräte zu schonen.

Um 10:30 marschieren Anders, Inga, Lars-Erik und ich ab. Wir haben Skier und den Schlitten zum Transport. Nach ca. 2

[3] nach dem holländischen Namen Kwaade Hoek: Schlechte Ecke. Durch zahlreiche flache Felsen vor der Küste ist diese Landspitze für Boote gefährlich

Stunden kommen wir in Kjaersviken an, einer kleinen, sehr schön gelegenen und gut eingerichteten Hütte auf dem Weg zur Stenehytta. Allerdings gibt es kein Brennmaterial. Wir kochen uns eine Suppe und essen den Inhalt zweier Fischdosen, die wir in der Hütte finden. Schlitten und unsere Rucksäcke deponieren wir oberhalb der Hütte am Fuße der Berge für den Rückweg. Dort ist das Überqueren der Bäche einfacher, da sie weiter zum Meer tief in den Fels eingeschnitten sind. Um 13:50 setzen wir den Marsch nach Stenehytta fort. Um 16:30 machen wir eine Rast am grossen Traudalen, um 17:30 am Moränenfluss, und um 18:20 kommen wir endlich in Stenhytta an. Um 23:45 beginnen Inga und LE ihre Messungen (Inga schätzt die Zeit auf 23:15, LE auf 22:00). Anders und ich hatten eigentlich geplant, schon am gleichen Abend nach Kjaersviken zurückzugehen, aber da wir wegen des sehr sonnigen Tages entzündete Augen hatten, übernachteten wir in Stenehytta.

Am nächsten Tag (Donnerstag, den 31. 6., subjektiver Tag 3) stehen Anders und ich um 6:30 leise auf und beginnen ohne Frühstück (da die Notrationen für die Gruppen knapp sind) den Rückweg um 6:45. Wir laufen weiter oben zurück, was sich als günstiger erweist als auf dem Hinweg. Leider ist es wieder sehr sonnig und die Flüsse führen sehr viel mehr Wasser. Wir erreichen die Stelle, wo wir den Schlitten deponierten, und können nun unsere Rucksäcke und das Gewehr auf den Schlitten packen. Auf unserem Weg sehen wir Rentiere. Diese sind kleiner als die lappländischen. Vor zwei Jahren wurden 15 von Longyearbyen eingeflogen und hier ausgesetzt. Wegen eines Fehlers im Telefax bekamen sie allerdings nach dem Transport zu wenig Futter (nur 200 statt 2000 g pro Tag).

So wie diese Rentiere fühlten wir uns nach unserem fast fünfstündigen Marsch. Wir passierten einige Vogelfelsen, kamen an Schnee freien Stellen mit blühendem Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*) vorbei. Um 11:30 erreichten wir Geopol, konnten aber wegen des stark angeschwollenen Baches nicht zur Hütte hinüber. Wir überquerten deshalb den Bach weiter oberhalb. Völlig erschöpft erreichten wir gegen 14:30 eine winzige Hütte, in der sich nur eine kleine Bank befand. Wir haben den ganzen Tag nichts gegessen, haben starken Hunger, Bauchknurren und Blutleere im Kopf. Zum Glück finden wir einen Klumpen alten Zuckers in der Hütte. Nach einer halben Stunde Rast geht es weiter Richtung Ny Ålesund, wo uns auf der Knudsenhöhe wie ein Engel Harald Celius entgegenkommt. Er übernimmt den Schlitten mit unserem Gepäck und zeigt uns den Weg über das Eis. Sehr erschöpft und hungrig kommen wir schließlich an. Wir essen viel, duschen und schlafen für eine halbe Stunde tief. Abends essen wir wieder viel.

Am 6. Juli muß Anders zu einer Tagung nach Tromsø und fliegt nach Longyearbyen. Dort trifft er auf dem Flugplatz die deutschen Teilnehmer mit Burkhard Pflug, unserem Arzt. Sie waren mit dem Flugzeug von Tromsø gekommen. Er erklärt ihnen in Eile, dass die Hurtigruten[4] das Passagierschiff, mit dem wir von Longyearbyen nach Ny Ålesund fahren sollten, nicht fahren kann: Der Winter war lang und hart und der Kongsfjord noch zugefroren. Deshalb sollen drei der Teilnehmer mit der Polarstar nach Ny Ålesund fahren, die anderen 4 mit der gleichen Cessna, mit der Anders kam, fliegen. Der Pilot würde in 2 Stunden

[4] die Hurtigruten Schiffe fahren entlang der norwegischen Fjordküste und früher auch nach Longyearbyen und Ny Ålesund auf Spitzbergen

(oder später) kommen. Er selbst müsse mit dem Linienflugzeug nach Tromsø.

In einem Brief an seine Eltern beschreibt Ulrich Schäfer die Reise von Süddeutschland nach Longyearbyen:

Da in den nächsten Tagen damit zu rechnen ist, dass wir hier Besuch von Herrn Pflug bekommen, der dann auch die Post mitnimmt, will ich jetzt mit einem ausführlicheren Bericht beginnen, der dann auch für mich selbst Tagebuch und Dokument sein soll. Daß ich gut in den IC-Zug gekommen bin, wisst Ihr ja. Wir haben uns alle 7 in ein Abteil gesetzt und uns gut unterhalten. Herr Pflug war auch sehr aufgekratzt, gesprächig und kameradschaftlich, inzwischen sind wir de facto zum "Du" übergegangen. In Mannheim mussten wir innerhalb weniger Minuten in einen anderen IC-Zug umsteigen, der stand jedoch am Bahnsteig genau gegenüber, sogar das reservierte Abteil, sodass der Umstieg gut klappte. Das nächste Mal mußten wir in Hamburg umsteigen. Wir hatten eineinhalb Stunden Aufenthalt, der für ein kleines Abendessen und den Einkauf eines wischfesten Filzstiftes reichte. Dann gings weiter Richtung Kopenhagen. Kurz vor Sonnenuntergang wurde der ganze Zug in ein Schiff, die "Deutschland" verladen, und wir konnten zum ersten Mal Seeluft schnuppern. Nach der Landung konstatierten wir den letzten Sonnenuntergang für einige Wochen und den Beginn einer ebensolchen Nacht.

Etwa um 23 Uhr waren wir in Kopenhagen, wo wir abermals umsteigen mußten, nun in einen norwegischen, gut ausgestatteten Liegewagen. Ich konnte sogar ein wenig schlafen und bekam daher von einer weiteren Verschiffung fast nichts mit. War die letzte Landschaft, die wir abends gesehen hatten, dänisches Flachland, fast vollständig landwirtschaftlich genutzt, so befanden wir uns am Morgen in einer sanften Hügellandschaft von Seen und Fjorden, Wäldern, Wiesen, Feldern und malerischen Ortschaften typisch skandinavischen Charakters. Wir erreichten Oslo, bei herrlichem Wetter, wo wir uns nach kurzer Beratung entschlossen, per Taxi zum Flughafen zu fahren, weshalb wir von der Stadt nicht viel sahen.

Nach Oslo wurde das Wetter unter uns schlechter, und bei der Landung war es ziemlich bewölkt. Albrecht und ich saßen ziemlich hinten im Flugzeug und als die Tür hinten aufgemacht wurde, nahmen wir unser Handgepäck und stiegen aus. Es war ein kleiner Flughafen, und als wir auf das Flughafengebäude zugingen, wunderte ich mich, weshalb nirgends der Name "Tromsø" angeschrieben stand, als wir von jemandem unserer Gruppe zurückgepfiffen wurden, da es sich nur um eine Zwischenlandung auf einem Militärflughafen kurz vor Tromsø handelte. Der nächste Flughafen war dann Tromsø, das Klima wurde arktischer, die Flughafengebäude kleiner und improvisierter, und die Fluggäste zünftiger.

Beim Flug übers Eismeer sahen wir dann die ersten Packeisfelder, und die Bäreninsel, die nur sehr selten zu sehen ist. Dann Spitzbergen: ein unvergleichliches Bild, z.T. noch völlig schneebedeckt, riesige Gletscher, hoffentlich sind meine Bilder gut geworden. (Ende des Briefes).

In einem weiteren Brief schildert Uli die Ankunft in Longyearbyen und den Weiterflug nach Ny Ålesund und die Transporte/Wege zu den Hütten. Der Bericht beginnt mit Mittwoch, dem 6. Juli 1979:

Wir hatten in Longyearbyen ein paar Stunden Zeit, und da das Flughafengebäude nach dem Start unserer Maschine wieder geschlossen wurde (der nächste Linienflug ist erst eine Woche später), tummelten wir uns in der Umgebung. Nach Longyearbyen laufen wollten wir nicht, und da herrliches

Wetter war, überquerten wir den Flughafen (über die Landebahn) und gingen hügelan. Es war sehr schön warm, man hatte einen herrlichen Blick über den Eisfjord und wir sahen außer der aufblühenden Flora auch zwei Rentiere, sogar ziemlich nah.

Der Pilot kam endlich, und wir starteten in einer 5-sitzigen Cessna gen Ny Ålesund. Wieder ein herrliches Bild, das aufbrechende Eis im Fjord, die Gletscher, die Berge. Leider trübte das Wetter ein, und bei der Landung auf einer ungeteerten, steinigen Piste voller Pfützen, ringsum Schnee, war es völlig bedeckt.

Der Pilot hatte über Ny Ålesund noch eine Runde gedreht, und gleich nach der Landung kam ein VW-Lastwagen mit dem Sysselmann von Ny Ålesund, eine Art Bürgermeister, sowie dessen Tochter (zusammen mit ihrer Mutter die ganze Weiblichkeit von Ny Ålesund), die uns begrüßten und in den Ort fuhren.

Wir sahen jetzt selbst, warum die Hurtigruten nicht fuhr: Der Kongsfjord war noch völlig zugefroren und es lag auch noch viel, freilich tauender Schnee. In der Messe, der Kantine und dem Aufenthalt der Wissenschaftler bekamen wir etwas zu essen, und die Herren Engelmann und Klemke berichteten uns von den Schwierigkeiten, die sie wegen des Wetters hatten. Die meisten Hütten, die für uns als Aufenthalt geplant waren, waren wegen des Schnees und Eis unerreichbar, und die anderen nur zu Fuß, z. T. durch reißende Flüsse. Es war noch völlig unklar, was weiter geschehen sollte, zunächst mußte man auf die Kiste mit dem Schlauchboot und vielem anderen, sowie auf unsere Verpflegung warten. Sie hofften, dass alles am darauffolgenden Tag mit dem Eisbrecher, mit dem auch die 3 fehlenden unserer Expeditionsgruppe ankommen sollten, komme.

Ny Ålesund hat etwa 20-30 Häuser und nicht mehr Einwohner. Wir vier bekamen eins der leerstehenden Häuschen, das noch in leidlich gutem Zustand war. Ein komisches Gefühl, bei helllichtem Tage ins Bett zu gehen und zu wissen, dass es schon nach Mitternacht ist. Wegen der ungewohnten Schlafbedingungen wachten wir schon bald auf und Albrecht und ich zogen los, Ny Ålesund zu besichtigen. Damit waren wir nach längstens einer Stunde fertig: Die Häuser, ein paar Schlittenhunde, die Forschungsstation, zwei Polarfüchse in einem Käfig, ein Amundsen-Denkmal, der Mast, von dem er mit seinem Zeppelin zum Nordpol startete, ein Walfischrückenwirbel, eine alte Dampflok aus der Zeit, als hier noch Kohle gefördert wurde, Schnee und Tauwasser.

An der Küste sahen wir, dass sich der Eisbrecher bereits durch den Fjord arbeitete, langsam und mühsam, in kleinen Abschnitten, sodass wir noch in der Messe frühstücken konnten, bevor er anlegte. Die Ankunft des ersten Schiffes eines Jahres ist natürlich ein wichtiges Ereignis, und so stand die ganze Einwohnerschaft von Ny Ålesund auf der Landungsbrücke, als die "Polarstar" anlegte. In den darauf folgenden Stunden entstand mehrmals ziemliche Hektik, weil nicht klar war, wie lange das Schiff da bleiben würde, verschiedene Meldungen kamen, ob die Kiste und die Lebensmittel dabei seien oder nicht. Sie waren es, und wir mußten vor der Abfahrt die Lebensmittel auf dem Landungssteg sortieren und aufschichten, die Kiste auspacken, das Schlauchboot zusammenbauen; und schließlich gingen wir alle neun samt Schlauchboot, Gepäck und Lebensmitteln für die ersten Tage an Bord des Eisbrechers. Dieser fuhr uns bis zum Ausgang des Fjords, wo das Meer eisfrei war. Dort wurden wir ausgebootet zu einem kleinen Kiesstrand.

Ansonsten handelte es sich um eine Steilküste, etwa 10 m hoch, oben ein Plateau. Der Kiesstrand war nur bei Ebbe ein solcher, bei Flut reichte das Wasser wohl bis zum Schnee, der in Brusthöhe begann, und der sich bis oben erstreckte. Unser Gepäck konnte selbstverständlich auf dem kaum 1 m breiten Strand nicht stehen bleiben. So wurde das Gepäck und die Lebensmittel... hoch geschafft, die anderen 4 samt ihren Habseligkeiten in drei Fuhren mit Klemkes Schlauchboot quer über den Fjord, wobei natürlich mitten drin der Motor -zum ersten Mal in diesem Jahr wieder in Betrieb- streikte, und erst nach etlichen Anläufen wieder ansprang.

Albrecht und ich hatten uns mit unseren Rucksäcken zuerst übersetzen lassen und hatten mit Klemke vereinbart, dass wir die Rucksäcke zur nächsten, evtl. auch zu unserer Hütte bringen sollten, er inzwischen Peter und Anne herüberbringen, diese in jedem Fall warten, bis er mit der dritten Fahrt das restliche Gepäck gebracht hatte, und wir vier, Anne, Peter, Albrecht und ich dann alles zu den Hütten bringen sollten. Dass jemand an dem Platz, an dem wir ausstiegen, warten sollte, war Klemke so wichtig, weil er ohne regulären Anlegeplatz nicht allein festmachen und ausladen konnte.

Albrecht und ich gingen also nach der Überfahrt an Land und liefen los, wobei uns bald klar wurde, dass wir an diesem Tag allenfalls die näher gelegene London-Hütte erreichen konnten. Wir brachten unsere Rucksäcke dorthin und gingen zurück. Nach unserer Schätzung waren Peter und Anne schon da, und die dritte Ankunft von Klemke stand kurz bevor. Zu unserer Überraschung war jedoch weder Peter und Anne, noch irgendwelches Gepäck, noch Klemke da, was uns Anlass zu verschiedenen Spekulationen gab, zumal im Schnee am Anlageplatz Spuren waren, die nicht von uns stammten.

Nach einiger Zeit kamen Peter und Anne, die auch zur London-Hütte gegangen waren, aber uns verfehlt hatten, und klärten die Lage auf. Sie hatten Klemke gebeten, erst längere Zeit später die dritte Fahrt zu machen, sodass auch sie einen Teil ihres Gepäcks zur Hütte bringen konnten. So geschah es auch. Wir sahen, wie sich Klemke dem Ufer näherte, jedoch in nicht ganz richtiger Richtung, und da viel Treibeis inzwischen vor dem Anlegeplatz war, zogen wir in Betracht, dass er nicht mehr her finden könnte. Mehr als aus dieser -nicht sehr ernsten- Besorgnis, aus der Neugier, welche Wirkung unsere Signalpistolen zeigten, schossen wir, als Klemke mit seinem ganzen Schlauchboot hinter einem Felsvorsprung verschwand, einmal mit der Signalpistole; überrascht waren wir über den ohrenbetäubenden Knall, weit zu hören und zu sehen war es jedoch sicher nicht. Wir haben jedoch auch noch eine länger brennende und höher steigende Signalrakete.

Klemke fand uns -auch ohne Signalrakete, wir luden aus und gingen zu viert schwerbepackt (ich trug allein etwa 35 kg auf dem Rücken), durch Schneefelder und Morast zur London-Hütte. Dort heizten wir kräftig ein (Schuhe und Strümpfe völlig durchnäßt), kochten und aßen etwas und schliefen. Am nächsten Tag marschierten wir wieder zu viert zur Gorilla-Hütte, wo Albrecht und ich wohnen, aßen hier zu Mittag, währenddessen Schuhe und Socken zum Trocknen überm Ofen hingen. Nachmittags unbeladen zur London-Hütte, und Albrecht und ich allein wieder mit dem Rest des Gepäcks und der Lebensmittel, bei Regenschauern zur Gorilla Hütte.

Das war also die ganze Reise hierher. Wie es in der Hütte, ihrer Umgebung, auf der ganzen Halbinsel aussieht, was wir hier

tun und lassen, will ich Euch später schreiben...

Das folgende stammt aus einem Schrieb von Waldemar, von mir z. T. ergänzt (WE) bzw leicht verändert. Es überschneidet sich zeitlich zum Teil mit dem Bericht von Uli:

Da der Fjord noch zum größten Teil zugefroren ist (siehe die blaue Linie auf der Karte, Abbildung 4.3 WE), werden von Mitgliedern der Station an verschiedenen Stellen Sprengungen durchgeführt, um das Eis brüchig zu machen. Dennoch ist dann beinahe die ganze Nacht über zu hören, wie sich die Polarstar mit ihrem verstärkten Rumpf durch das Eis bis zum Anlegesteg von Ny-Alesund vorarbeitet. Dabei fährt sie nach Eisbrecherart mit Schwung ein kleines Stück auf das Eis, bricht es durch ihre Masse, fährt zurück und nimmt einen neuen Anlauf. Am frühen Morgen des 7. Juli stehen Wolfgang und ich zusammen mit einigen von der Station auf dem Anlegesteg und erwarten die restlichen Teilnehmer unserer Expedition. Für die Station ist es das erste Schiff in diesem Jahr.

Nach dem Anlanden und der Begrüßung der Neuankömmlinge werden neben Versorgungslieferungen für die Station Ny-Ålesund auch unsere Ausrüstung und die von einer norwegischen Firma für unsere Expedition zusammengestellten Verpflegungskisten[5] entladen. Wir hatten uns von der Forschungsstation Benzin für das Schlauchboot und Petroleum zum Kochen auf den Hütten besorgt. In Eile bauen wir mein Schlauchboot auf, rüsten es aus und montieren den Außenborder.

Es war ursprünglich geplant, die Versuchsteilnehmer mit diesem Schlauchboot in die Hütten am Kongsfjord und in der Engelsbukta zu bringen. Das für diese Jahreszeit unüblich dicke und kompakte Eis im Kongsfjord macht uns allerdings einen Strich durch die Rechnung. Das Schiff mußte bald wieder zurückfahren, damit die mühsam aufgebrochene Fahrrinne nicht wieder zufror.

Unser Plan war, eine Stelle an der Küste zu finden, wo wir an Land gehen und von dort mit dem Schlauchboot die deutschen Teilnehmer zu ihren Hütten bringen konnten. Außerdem mußten von hier aus auch die Verpflegungskisten zu den Hütten der norwegischen Teilnehmer gebracht werden, die ja nur Notrationen von der Station hatten. Nach kurzer Beratung mit der Besatzung der Polarstar und Mitgliedern der Station wird beschlossen, alle Deutschen zusammen mit dem Schlauchboot, sonstiger Ausrüstung und einem Teil der Verpflegungskisten wieder auf das Schiff zu verladen und in den eisfreien Teil des Fjords zurückzubringen, damit von dort aus der geplante Transport mit dem Schlauchboot vorgenommen werden kann (siehe Abbildung 4.3).

In Eile entschließen sich Wolfgang und ich, von den Versorgungskisten mit den Typenbezeichnungen A bis D nur die mit den Bezeichnungen A mitzunehmen, weil wir sie für die mit den essentiellen Nahrungsmitteln halten. Alle anderen können ja später unter besseren Wetterbedingungen zu den Teilnehmern des Versuches gebracht werden. (siehe Abbildung 6.1).

Die Fahrt durch die nun offene Fahrrinne im Eis ist beeindruckend. Wir genießen die Aussicht über das Eis auf die verschneiten Berge des Fjords und wenn es an der Reling zu kalt wird, kann man in der warmen Kajüte der Polarstar sogar eine Kleinigkeit essen.

Hektisch wird es allerdings, als wir das eisfreie Wasser erreichen. Die Besatzung beginnt damit, die Versuchsteilnehmer mit

[5] zum Glück erwies sich das Gerücht, die Kisten seien nicht an Bord, als falsch




Abbildung 6.1: *Am Kongsfjordneset wurden wir mit dem Beiboot der Polarstar mit unserem Gepäck und Waldemars Schlauchboot abgesetzt (links). Von dort fährt Waldemar die Gruppen GI und GII zur Blomstrand-Halbinsel (gleiche Stelle, Blick von oben, rechts)*

Hilfe des Polarstar-Beibootes am Ufer auf einem schmalen Kiesstreifen unter einer meterhohen Wand aus Eis und Schnee abzusetzen. Mein Schlauchboot kommt ebenfalls an den Davit und wird zu Wasser gelassen. Nachdem alle Versuchsteilnehmer sowie Wolfgang, Burkhard und die Ausrüstung am Ufer abgesetzt sind, verabschiedet sich die Polarstar und setzt ihren Weg nach Longyearbyen fort.

Ich kann mit dem Schlauchboottransport der Teilnehmer zu ihren Hütten beginnen. Zunächst werden die beiden Gruppen Albrecht Gorthner/Ulrich Schäfer und Peter Klein/Anna Schneider in zwei Touren zur Blomstrand-Halbinsel in die Nähe der Londonhütte gefahren. Direkt zu den Hütten kann man wegen der Eisdecke mit dem Boot nicht gelangen. Die beiden Gruppen müssen daher ein nicht unbeträchtliches Stück Weg schwer bepackt auf dem Landweg zurücklegen (siehe Abbildung 6.2). Weil der Weg zur Gorillaheimen-Hütte von Gorthner/Schäfer noch recht weit ist, verbringen die beiden zunächst eine Nacht in der Londonhütte und setzen am nächsten Tag ihren Marsch zur Gorillaheimen-Hütte (roter Kreis 10 in Abbildung 4.3) fort.

WE: Inzwischen versuchen Burckhard und ich, zwei Lebensmittelkisten nach Geopol zu bringen. Wir setzten die Kisten vor dem Fluss ab und gehen zu Fuss zur Hütte. Die Norweger schlafen aber noch (sie wachten kurz danach auf, wie sich später herausstellte). Um sie nicht zu stören, nahmen wir ihre Briefe aus der Box an der Tür, legten eine Nachricht hinein mit einer Skizze, wo die Essensbox steht, und dass wir Morgen wiederkommen würden. Als wir zurück ans Ufer kommen, fährt Waldemar gerade ab, um die beiden Rudolphs zu ihrer Hütte zu bringen.

WH: Überaschenderweise sind die restlichen Expeditionsteilnehmer bei meiner Rückkehr zur Ausbootstelle verschwunden. Auch der Kiesstreifen existiert nicht mehr. Die einsetzende Flut hatte sie dazu gezwungen, sich über in Schnee- und Eiswand selbst geschlagene Stufen einige Meter höher in Sicherheit zu bringen.

Die Geschwister Rudolph sollten nun um Kvadehuken ("Teufelsnase") herum in die Engelsbukta zu der Kjaersviken Hütte (2



Abbildung 6.2: *Die beiden Gruppen Gorthner/Schäfer und Schneider/Klein mußten durch Schnee zur London-Hütte laufen. Für Peter (Muli) war das besonders hart, da er sich in Tübingen ein Stück Finger kurz vor der Reise abgehobelt hatte und dieser trotz eines guten Schutzes und Handschuhs immer wieder nass wurde. Aufnahme von Albrecht*

in Abbildung 4.3) gebracht werden. Weil das Schlauchboot nur für drei Personen zugelassen ist, sind zwei Fahrten erforderlich. Zügig gelangen wir in die Engelsbukta – das Boot erreicht bei Gleitfahrt 35 bis 40 km/h – müssen aber schon lange vor der Hütte am Syndpynten stoppen. Der aufkommende Südostwind und der damit verbundene Wellengang bricht das Fjordeis auf und treibt es uns in großen Schollen entgegen und hinaus auf das offene Meer. Wir legen an, und die Geschwister Rudolph machen sich mit einer ungefähren Lageangabe der Hütte versehen auf den Weg.

Die nächste Schlauchboottour bringt Wolfgang und Burkhard in die Engelsbukta. Der Wind und das treibende Fjordeis zwingen uns aber jetzt noch früher zum Landgang. Einige Zeit versuche ich noch mit dem Boot den großen Eisschollen auszuweichen. Als aber kaum noch offenes Wasser übrig bleibt, ziehen wir das Boot eilig über die durch Wellengang verdichtete Schneebarriere ans Ufer und können beobachten, wie der Wind wenig später gewaltige Eisschollen am Ufer aufrichtet, zerbricht und diese schließlich in einem großen Wall aufwirft (siehe Abbildung 6.3). Er ist so hoch und der Eisgang auf dem Meer ist so stark, dass wir an eine weitere Fahrt mit dem Schlauchboot zunächst nicht denken können.

Es bleibt nur der Fußweg zu der am Ufer der Engelsbukta liegenden Kjaersviken Hütte. Wir nehmen das Notwendigste mit und auch einige der Verpflegungskisten des Typs A und lassen das Boot zurück. Der Weg ist mühsam, der Uferstreifen zumeist mit Schnee bedeckt und besonders unangenehm ist es, wenn unter dem Schnee sich Schmelzwasser angesammelt hat. Lästig sind bei dieser Fußwanderung auch die wasser- und winddichten Segelanzüge, besonders für Burkhard, der, eher von kleinem Wuchs, in einem Anzug der Größe L steckt. Sowohl der Schritt des Anzuges als auch die Eintauchtiefe seiner Beine liegen auf Kniehöhe. Wir trennen uns nach und

nach von den schweren Verpflegungskisten in der Hoffnung, sie später nachholen zu können.

Nach einiger Zeit kommen uns die zuvor abgesetzten Geschwister Rudolph entgegen. Sie mussten umkehren, weil ihnen der Weg von einem aus den Bergen kommenden Schmelzwasserfluss versperrt war; nicht tief, aber mit einem spiegelglatten Eisgrund und heftiger Strömung. Daher kehren alle zum Schlauchboot zurück, die liegengelassene Ausrüstung sammeln wir dabei wieder ein. An eine schnelle Änderung des Eisgangs und der Wetterlage allgemein ist nicht zu denken, zu allem Überfluss beginnt es bei einer Lufttemperatur zwischen 3 und 7^0 C auch noch zu regnen.

Die Geschwister Rudolph bauen am Ufer aus den reichlich zur Verfügung stehenden Eisblöcken einen Unterstand (siehe Abbildung 6.3 und auch Abbildung 7.22, aufgenommen von Lars-Erik an der Engelsbucht WE). Nach oben hin decken sie ihn mit Treibholzstämmen ab und häufen als Regenschutz weitere Eisblöcke darauf. Als sie jedoch im Inneren dieses Unterstandes ein Holzfeuer aus Treibholz anzünden, ist es dort kaum trockener als draußen im Regen. Weil wir uns auf mindestens eine Übernachtung an dieser Stelle einrichten müssen, legen wir das Schlauchboot auf zwei Treibholzstämme über eine Bodenmulde. In der Vertiefung unter dem Boot finden Wolfgang und die Geschwister Rudolph etwas Schutz vor Regen und Wind, im Boot liegen Kopf an Fuß sehr eng gepackt Burkhardt und ich, vor der Feuchtigkeit durch regendichte Überzüge für die Schlafsäcke zunächst noch geschützt.

Zum "Abendbrot" öffnen wir die mitgebrachten Versorgungskisten und sind vom Inhalt doch überrascht. Statt der erhofften Grundnahrungsmittel finden wir Toilettenpapier, Geschirrspülmittel, Streichhölzer, eine Dose mit Tuttifrutti (viel Wasser und wenig Frucht), aber auch Reis und Zwiebeln. Das ebenfalls vorhandene Vollkorn-Dauerbrot ist leider verschimmelt. Wolfgang hatte vorsorglich seinen winzig kleinen Benzinkocher auf die Reise mitgenommen, so dass wir mit der nicht ganz geeigneten Benzin-Zweitakt-Mischung aus dem Bootstank dennoch eine warme Mahlzeit aus Reis und Zwiebeln zaubern können. Zum Nachtisch gibt es eiskalte Tuttifrutti.

Der nächste Morgen bringt keine Änderungen der Wettersituation. Das Brucheis am Ufer ist durch den Wellengang verdichtet worden und nun versperren sehr große in der Dünung dümpelnde Eisblöcke den Weg zum Wasser. Im Laufe des Tages kündigt sich schon lange bevor er sichtbar wird, ein Hubschrauber durch sein Motorengeräusch an. Es ist der Sysselman von Spitzbergen auf dem Wege nach Ny-Ålesund.

Vermutlich will er auf einem Abstecher nach diesen seltsamen Deutschen sehen, die trotz widrigster Wetter- und Schneebedingungen ihre Experimente durchziehen. Ganz anders die zur gleichen Zeit in der Station in Ny-Ålesund arbeitenden norwegischen Wissenschaftler. Sie „kapitulieren“ vor der Schneesituation und verbringen die Tage in der Station bei gutem französischem Rotwein, dem sie aber vor dem Genuss auf den Heizkörpern liegend zu Trinktemperatur verhelfen. Der Hubschrauber dreht eine Runde in geringer Höhe über unserem Lager, ich versuche mich an ein Notsignal zu erinnern und schwenke die Arme seitlich und über den Kopf auf und ab. Die Passagiere des Hubschraubers winken zurück und dann dreht er ab. Ich habe die Hoffnung, dass zunächst die Passagiere in Ny-Ålesund abgesetzt werden, um dann uns aufzunehmen und aus der misslichen Lage zu befreien. Offensichtlich war meine Erinnerung an die üblichen Notsigna-




Abbildung 6.3: *Angelika und Bernd-Ulrich bauten sich einen Iglu in den Eisschollen (links). Als ein Passagierschiff vorbei fuhr (am Horizont), winkten wir mit einer roten Fahne als SOS-Signal*

le zu schwach, der Hubschrauber jedenfalls kommt nicht zurück.

Langsam wird uns klar, dass wir mindestens noch eine weitere Nacht in unserem Camp verbringen müssen. Kurze Sondierungsausflüge am Ufer der Engelsbukta entlang zeigen, dass sich die Situation nicht wesentlich geändert hat und wir an diesem Küstenstück auf beiden Seiten von Schmelzwasserflüssen eingeschlossen sind. Ein Weg zu Fuß über die Berge oder an der Küste entlang nach Ny Ålesund ist also nicht möglich.

Damit unsere Notsignale nicht noch einmal missverstanden werden, legen wir die Buchstaben SOS mit großen Kieselsteinen in den Schnee aus und halten unsere Notsignale bereit. Sonst bleibt uns wenig zu tun. An einem Feuer aus Treibholzstücken versuchen wir die regennassen Daunenschlafsäcke zu trocken, aber die Strahlungswärme des Feuers kann bei der niedrigen Lufttemperatur nichts Nennenswertes ausrichten. Die nassen Daunen des Schlafsacks haben bei mir zu „Eisbeinen" bis auf Oberschenkelhöhe geführt. Die folgende Nacht ist daher noch ungemütlicher, auch wenn es nun nicht mehr regnet.

Am nächsten Tag sehen wir in weiter Ferne vor der Mündung der Engelsbukta ein Linienschiff der Hurtigruten Richtung Ny-Ålesund vorbeifahren. Wir nutzen die Gelegenheit und feuern unsere Notsignale ab. Leuchtkugeln aus der Pistole und eine Rakete, die ein langbrennendes Leuchtsignal an einem Fallschirm in die Luft bringt. Unsere Hoffnung, dass die Besatzung des Schiffes eine Nachricht an die Station in Ny-Ålesund übermittelt, wird enttäuscht, wie wir später erfahren. So übernachten wir ein drittes Mal unter den kargen Bedingungen.

Sehr früh am nächsten Morgen werde ich von Wolfgang geweckt. In der Nacht hat der Wind gedreht und die Eisbarrieren am Ufer in die offene See getrieben. Das Meer ist frei, spiegelglatt und wir haben jetzt die Möglichkeit, uns selbst aus dieser misslichen Lage zu befreien. Hektisch lassen wir das Boot zu Wasser. Mit Burkhard und den Geschwistern Rudolph starte ich in Richtung Ny-Ålesund mit der Zusage, Wolfgang später abzuholen.

Nach wenigen hundert Metern Fahrt tauchen wir aber in eine dichte Nebelwand ein, die die Sichtweite auf höchstens 10 bis

20 m begrenzt. Problematisch ist das, weil wir wieder um Kvadehuken herumfahren müssen und die Norweger in der Station uns vorher nahe gelegt hatten, wegen der knapp bis an die Wasseroberfläche heranreichenden scharfen Felsen einen möglichst großen Abstand von der Küste einzuhalten. So bleibt uns nichts anderes übrig als zunächst ein Stück auf einem gedachten Bogen um Kvadehuken in den Nebel hineinzufahren, nach einiger Zeit rechtwinklig auf die absolut unsichtbare Küste zuzufahren und dann, wenn der auf der Bugspitze des Bootes sitzende Bernd-Ulrich Rudolph im Wasser auftauchende Felsen meldet, wieder in Richtung offenes Meer abzudrehen. Auf diese Art tasten wir uns erfolgreich segmentweise um die für unser Schlauchboot gefährliche Küste herum. Wir erreichen den nebelfreien Kongsfjord, können aber dort, wegen der immer noch vorhandenen Eisdecke, nicht bis Ny-Ålesund fahren. Daher ziehen wir an der Eisgrenze das Boot an Land und legen den restlichen Weg durch Schmelzwasserflüsse und Schneefelder zu Fuß zurück.

Durch die unvorhergesehene Schneehöhe auf Spitzbergen, die unüblich lange zugefrorenen Fjorde und nicht zuletzt durch unser Camp in der Engelsbukta, war der Zeitplan unseres Experiments in Bedrängnis geraten. Den Versuchsteilnehmern mussten zur Überwachung der Li^+-Spiegel jetzt unbedingt Blutproben entnommen werden, die noch auf dem Landesteg in Ny-Ålesund stehenden Verpflegungskisten mussten verteilt werden und zu allem Überfluss hatten die norwegischen Teilnehmer der Expedition erklärt, dass sie den Versuch abbrechen werden, wenn sie nicht innerhalb einer bestimmten Frist die noch fehlende Verpflegung erhielten.

So hat Burkhard nach der Rückkehr nach Ny-Ålesund entschieden, mit Hilfe eines Einsatzes des in Longyearbyen zur Verfügung stehenden Hubschraubers alle Probleme in kürzester Zeit zu lösen. Damit gelang es in nicht einmal einer Stunde alle Hütten anzufliegen, die Verpflegung abzuliefern, die Blutproben einzusammeln und auf dem Rückflug Wolfgang nach Ny-Ålesund zurückzubringen. Die Kosten für diesen Hubschraubereinsatz in Höhe von 1200 DM waren noch lange ein heißes Eisen...

Als Nachtrag zum Bericht von Waldemar über unser Survival Camp: Während der letzten unserer vier Über"nachtungen" (es war ja dauernd Licht) im Freien hatte ich zum ersten Mal in meinem Leben Kältezittern erlebt. Dabei wird vom Körper automatisch Muskelarbeit zur Wärmeproduktion verwendet. Da dazu aber die Muskulatur stärker durchblutet werden muss, geht auch viel Wärme verloren. Beim Mensch beträgt die Ausbeute circa 11 %. Ein besonderes Erlebnis, das ich aber niemandem wünsche.

Nachdem Waldemar die Rudolphs, Burkhard und die Verpflegungskisten nach Ny Ålesund gebracht hatte, war ich nach Geopol gelaufen (die Flüsse waren wieder passierbar) und hatte dort die etwas verärgerte Aud und Olav besucht. Sie hatten die Kisten nicht gefunden, deren Lokalisation wir auf dem Zettel an ihrer Tür beschrieben hatten. [] So holten wir diese gemeinsam. Außerdem berichtete ich von unserem Malheur und dass Burkhard einen Hubschrauber schicken wird, um die restlichen Verpflegungskisten bringen zu lassen (und Blutproben abzunehmen).

Von Geopol lief ich zur Stenehytta, um die Botschaft vom Hubschraubereinsatz für die Lebensmittelkisten zu bringen. Dort wurde ich dann vom Hubschrauber abgeholt, nachdem Burkhard Blutproben der Norweger genommen hatte.

7 Leben im Dauerlicht Spitzbergens



Abbildung 7.1: *Das Leitungsteam war in einem Holzhaus der Forschungsstation in Ny Ålesund untergebracht. Hier Blick aus einem der Fenster*



Abbildung 7.3: *Packung von Li^+-Tabletten. Die Placebo-Tabletten waren mit dem Auge nicht von jenen zu unterscheiden*

Das Leben im Dauerlicht nach der inneren Uhr, die Hütten, die Landschaft und die Pflanzen und Tiere der Umgebung, Besuche der Teilnehmer und unerwartete Störungen, die bei zwei Gruppen zum Wechsel der Hütten führten.

Das Leitungsteam (Anders, Waldemar, Burkhard und ich) lebte während der Versuche in einem Holzhaus der Forschungsstation in Ny Ålesund (Bild aus dem Fenster 7.1). Essen konnten wir in der Kantine der Forschungsstation.

Nachdem die Gruppen und die Lebensmittel-Kästen auf die verschiedenen Hütten verteilt waren (zuerst die beiden Norweger-Gruppen, dann die drei deutschen Gruppen, siehe Abbildung 4.3), begannen die Messungen der Körpertemperatur, Aktivität und des Schlaf-Wach-Rhythmus. Je nach Gruppe wurde entweder in der ersten oder in der zweiten Hälfte des Versuchs Li^+ in Form von Tabletten gegeben (Abbildung 7.2). In der anderen Hälfte erhielten die Teilnehmer gleich aussehende und gleich verpackte Placebo-Tabletten (Abbildung 7.3). Die Zahl der Tabletten war in den Vorversuchen in Tübingen und Trondheim für jeden Teilnehmer individuell bestimmt worden. Während der Versuchsdauer wurde von allen Teilnehmern wöchentlich Blutproben genommen (Abbildung 7.4), mit denen später in Tübingen die Li^+-Konzentration im Blutserum bestimmt werden konnte. Während der Besuche wurden die Ausdrucke der Messgeräte eingesammelt. Da auf den Druckstreifen auch die Einschlaf- und Aufwachzeiten und die Essenszeiten notiert waren, konnten wir noch während der Versuche die Daten auf Millimeterpapier als Diagramme aufzeichnen und so den Verlauf der Körpertemperatur, der Armbewegung und des Schlaf-Wach-

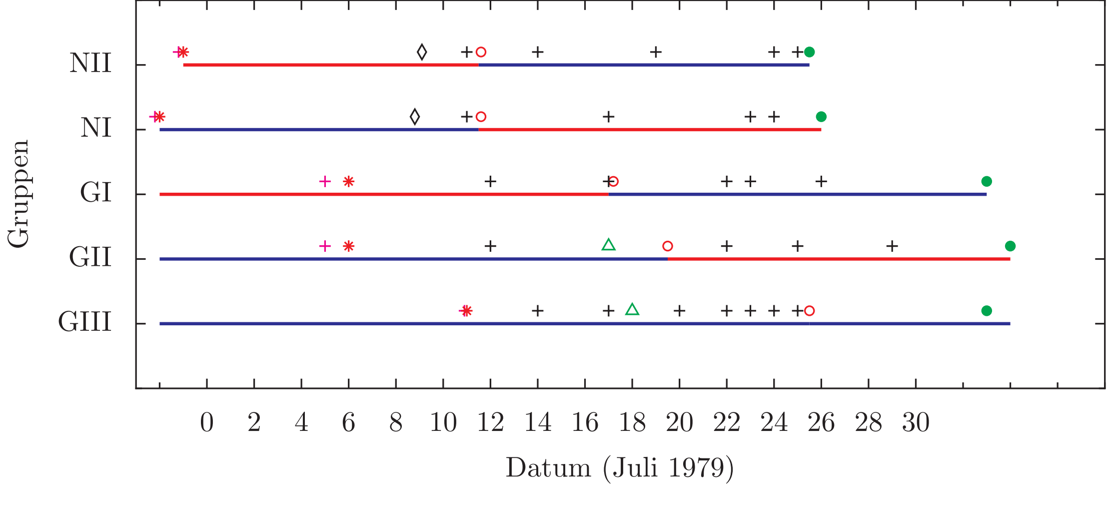


Abbildung 7.2: *Die zwei Norweger-Gruppen NI und NII und die drei Gruppen der deutschen Teilnehmer begannen die Registrierung der Körpertemperatur und Armaktivität (Messgerät an +, Messbeginn *) um eine Woche versetzt. GI und NII erhielten erst* Li^{+}*-Tabletten (GI vom 25. 6. bis 17. 7. zweieinhalb Tabletten pro Tag, Placebo bis 2. 8.; Inga von NII vom 17. 6. bis 20. 6. eine halbe Tablette pro Tag, am 21. 6. eine und ab 22.6. eineinhalb Tabletten pro Tag, Lars-Erik am 17. und 18. 6 eine halbe, am 18. und 19. 6. eine, am 20. und 21. 6 eineinhalb und ab 22. 6. bis 11. 7. zwei Tabletten pro Tag) und danach Placebo, GII und NI erst Placebo und dann* Li^{+}*-Tabletten (NII zweieinhalb Tabletten pro Tag ab 11. 7.; GII zweieinhalb Tabletten vom 20. 7. bis 6. 8.). Die Gruppe GIII nahm nur Placebo-Tabletten, da sie interne Desynchronisation mit langen Aktivitäts- und Wachphasen zeigte. Tablettenwechsel durch o gekennzeichnet, Besuche durch + beziehungsweise durch Rauten bei Besuchen mit einem Hubschrauber. Resynchronisation begann bei den grünen Kreisen (NI am 25. 7., NII am 26. 7., DI am 3. 8. und DII am 2. 8.). Die Gruppen GII und GII mußten ihre Hütten wechseln (grüne Dreiecke)*



Abbildung 7.4: *Blutabnahme bei einem der Teilnehmer durch unseren Arzt, Burkhard. Der* Li^+*-Gehalt wurde später in Tübingen bestimmt*

Rhythmus für die verschiedenen Gruppen erkennen. Das half uns, die Teilnehmer in den Hütten zu Zeiten zu besuchen, zu denen sie nach unseren Daten wach waren.

7.1 Besuche der Hütten

Zum Einsammeln der Datenstreifen und Notizen besuchten wir die Teilnehmer auf ihren Hütten. Das war durch das ungewöhnlich lange Eis auf dem Fjord mit langen Fussmärschen verbunden. Sonst hätten wir mit dem Schlauchboot die Fahrten machen können. Als das Eis im Königsfjord verschwunden war, hatten wir es einfacher. Die Norweger mußten einmal mit einem Hubschrauber besucht werden, um Lebensmittelkisten zu verteilen und Blut für die Li^+-Bestimmung abzunehmen. Zur Übersicht siehe Abbildung 7.2

7.1.1 Albrecht Gorthner und Uli Schäfer in Gorilla Heimen

Albrecht Gorthner und Ulrich Schäfer hatten sicherlich die am schönsten gelegene Hütte. Sie lag am nordöstlichen Teil der Blomstrand-Halbinsel am Irgensfjäll. Von dort hatte man eine wunderschöne Sicht auf den hinteren Teil des Kongsfjords und den Kongsbreen (Königsgletscher, siehe Abbildung 7.5).

Die Beiden hatten viel Ausrüstung mitgenommen, wie Abbildung 7.6 zeigt. Dabei war auch ein Fernrohr. Sogar Chemikalien und Geräte zum Entwickeln von Bildern hatten sie bei sich und konnten so das nördlichste Filmlabor betreiben (siehe Abbildung 7.7).

In einem Brief an seine Eltern beschreibt Uli die Hütte und ihre Umgebung:

Gerade hat Albrecht im Fernrohr gesehen, dass das Triumvirat auf unsere Hütte zumarschiert, was bedeutet, dass Post abgeholt wird. Bis sie hier eintreffen, ist noch etwas Zeit... Das Wetter ist hier bis jetzt auch ganz ausgezeichnet gewesen, wir hatten schon mehr Sonnentage als die zwei im letzten Jahr während der ganzen Zeit. Vorgestern habe ich sogar vor der Hütte in der Sonne mit unserem Faltkanister geduscht, das war herrlich, die Sonne ist sehr intensiv, und wenn kein Wind geht, könnte man es stundenlang "ohne" in der Sonne aushalten, trotz 6°C Lufttemperatur im Schatten. Gestern haben wir hier einen Film entwickelt (siehe Abbildung 7.7) *und erste Probevergrößerungen gemacht, wenn wir mehr haben, schicke ich Euch auch eines...*

Der Fjord taut jetzt bei dem Wetter ziemlich schnell auf und sicher sind wir bald hier mit dem Schlauchboot erreichbar...

Unsere Hütte ist (insbesondere jetzt, nachdem wir alles geputzt, um- und aufgeräumt, repariert, sortiert und verstaut haben) recht nett, ein ca 20 qm großer Schlafraum mit 2 Doppelstockbetten, 4 Sesseln, 2 Tischlein, sowie einer Küche mit Kohleherd, Tisch mit Stühlen, Vorrats- und Geschirrschränkchen. Hinterm Haus ist das





Abbildung 7.5: *Albrecht Gorthner und Ulrich Schäfer lebten in der Gorillaheimen-Hütte auf der Blomstrand-Halbinsel mit Blick auf den hinteren Teil des Königsfjords und den Königsgletscher. Links: Besuch von Burkhard Pflug und Wolfgang Engelmann. Rechts: Der Königsgletscher am Ende des Königsfjords, Hütte im Vordergrund*





Abbildung 7.6: *Albrecht Gorthner neben seiner gesamten Ausrüstung. Fernrohr vor der Hütte*





Abbildung 7.7: *Albrecht Gorthner konnte sogar Bilder entwickeln (links) und diese als Postkarten verschicken (rechts)*

"Örtchen", primitiv, aber besser als der Bach, den die andere Gruppe hier benutzen muss. Die Bäche haben nämlich Temperaturen von 1-3°C. Das ist auch zum Waschen sehr kalt, weshalb wir i.A. vorgewärmtes aus dem Kanister benutzen.

Soviel für heute, bald werden die drei wohl kommen, wenn sich Albrecht nicht getäuscht hat...

Hier ein weiterer Brief von Uli an seine Eltern:

Vielleicht entwickelt man in der Einsamkeit übersinnliche Fähigkeiten. Meinen letzten Brief hatte ich ja in aller Eile geschrieben, da Albrecht geglaubt hatte, die drei im Fernrohr kommen gesehen zu haben. Tatsächlich hatte er sich zwar getäuscht, einige Zeit später sind sie aber dann wirklich doch gekommen. Der Dauer, die die Post von Euch hierher braucht, nach zu schließen, habt ihr den Brief vielleicht jetzt schon. Wir rechnen hier z. Z. wieder mit einem Besuch, deshalb will ich rechtzeitig anfangen zu schreiben. Es könnte natürlich sein, dass sie mit dem Boot gar nicht über den Fjord kommen.

Das Meerwassereis, das den Fjord eben in einer Dicke von 50-100 cm bedeckt hatte, ist zwar jetzt hinausgetrieben, aber jetzt kommt von den Gletschern ein wüstes Durcheinander von Eisbergen und -brocken, sodass das Ganze auch sehr unübersichtlich wurde. Wahrscheinlich handelt es sich um das angestaute Eis des letzten Winters von den Gletschern, die nicht kalben konnten, solange das Meer zugefroren war. Es ist unglaublich, wie schnell der Fjord von dem Wintereis befreit wurde. Die zwei anderen, die auf unserer Halbinsel wohnen, berichten uns, der größte Teil des Eises sei in einem mehrere Quadratkilometer großen Stück losgebrochen und in flottem Fußgängertempo aufs offene Meer hinausgetrieben.

Heute möchte ich Euch ein wenig über Blomstrandhalvøya erzählen (halvøya=Halbinsel), in erster Näherung rund, ca 5 km im Durchmesser, gebirgig bis 400 m. Zwar ist es eine Halbinsel, doch ist der Zugang zum Festland von einem Gletscher versperrt, der vom Festland kommend gerade auf die (Halb-)Insel zufließt, an ihr gewissermaßen anstößt, und links und rechts ins Meer abbricht. Wo keine Vegetation ist, ist der Boden Fels oder Geröll. Es gibt hier aufgrund des strengen Frostes und wohl auch des Permafrostes (beim Vergraben von Abfällen stießen wir schon in 40 cm Tiefe auf felshart gefrorenen Boden) fließt hier alles, was nicht gefroren oder Fels ist. So sind hier "Flüsse" von Geröll zu sehen, die sich -natürlich unmerklich langsam, gletscherartig den Berg herunter schieben, Zungen ausbildend, Hindernisse umfließend, oder auch im Weg liegende Steine, die der Frost zermürbte, einfach zersplittern und vor sich her schieben. Wohl wegen der unterschiedlichen Flußgeschwindigkeit kommt es häufig zur Sortierung zwischen größeren und kleineren Steinen, sodass parallele Streifen sich den Berg hinab ziehen. Auch Lehm und Erde sind diesem Fließen unterworfen, und wo Wasser ist, das diesen Vorgang wohl verstärkt, außerdem unterspült und aufweicht, ist der Rand der Schneefelder, wo der Schnee verharscht oder festgefroren ist, oft der feste Untergrund und der einzige Platz, der leidliche Sicherheit vor knöcheltiefem Einsinken gewährt. Seit wir hier sind, ist die Situation schon viel besser geworden, auch weiß man wohl schon besser, wo man hintreten darf und wo es sich nicht empfiehlt.

Von den Bergen oben hat man ein herrliches Panorama auf den ganzen Fjord, die mündenden Gletscher und die umgebenden Berge. Am charakteristischsten sind die "Drei Kronen", blockartig einheitliche

Felsmassive über steilen Schutthalden. Die Schutthalden sind hier offensichtlich sehr viel steiler als in den Alpen, wohl auf Grund der vom Frost spitzig und messerscharf gebrochenen Kanten des Gerölls, das sonst keiner abrundenden Wirkung ausgesetzt ist. Wo die Insel flach oder geschützt ist, breitet sich die Vegetation aus, in den ersten Tagen unseres Hierseins außer sehr vielen Moosen im Wesentlichen nur zwei blühende Pflanzen und die zentimeterhohe Polarweide, der einzige Baum. Das war der Vorfrühling, jetzt, während des Frühlings, kommen einige mehr blühende Pflanzen zum Vorschein.

Die Fauna wird zuerst und vor allem durch zahllose Vögel vertreten, Raub-, Silber-, Dreizehen- und andere Möven, Küstenseeschwalben, Eiderenten, Schneehühner, Polargänse u. a. An Säugetieren gibt es hier den Polarfuchs, den wir zwar noch nie gesehen haben, der aber schon unseren Abfall durchsucht, Unordnung gemacht und das Nest einer in der Nähe brütenden Eiderente ausgeräumt hat, weiter sehr scheue, nur in großer Entfernung auf dem Eis zu beobachtende Robben; außerdem konnten wir, als der Fjord noch zu war, in einigen km Entfernung zwei Eisbären eine Zeitlang beobachten (mit dem Fernrohr). Insekten gibt es kaum.

Auf dem Bild unsere Hütte (siehe Abbildung 7.7)*. Der rechte, schrägbedeckte Teil die Küche, links der Wohn- und Schlaftrakt. Ich lehne mich an die Dusche (der Kanister). Links, wo die Töpfe stehen, pflegen wir zu spülen. Der Berg rechts gehört nicht zur Halbinsel…*

P.S. Mutti, Du hast mich doch gefragt, wozu ich in dieser Einöde ein norwegisches Lexikon bräuchte: z.B. zum Lesen der Kochanweisungen auf Lebensmittelpackungen!

Und ein weiterer Brief:

Beim hellen Schein der Mitternachtssonne und strahlend blauem Himmel will ich Euch gleich schreiben, damit der Brief schon bereit liegt, wenn wir das nächste Mal Besuch bekommen… Wenn wir hier Besuch bekommen, ist eigentlich die Post für uns der wichtigste Aspekt, und, wenn sie welche bringen, jedesmal Anlass zur Freude.

Ich will Euch heute in lockerer Form erzählen -locker, insofern ich der Einfachheit halber unsystematisch und unchronologisch schreibe, was mir einfällt -was wir hier so treiben.

Einmal hatten wir bei sehr schönem Wetter (wir haben hier für hiesige Verhältnisse bisher außerordentlich oft schönes Wetter) einen der Berge unserer Halbinsel bestiegen. Von dort oben hat man ein prächtiges Panorama über den ganzen Fjord, sieht auch sehr schön den Gletscher, der uns mit dem Festland verbindet oder von ihm trennt, wie man will. Wir sind auch schon zu diesem Gletscher gelaufen. Er sieht aus einiger Entfernung prächtig aus, in der Nähe jedoch, besonders da, wo das Eis nicht abbrechen kann und dementsprechend alt ist, ist er sehr schmutzig. Als wir dort waren, war das Meer noch zugefroren, sodass er noch nicht kalben konnte, jedoch war an seiner Frontseite ein dauerndes, klingelndes Geräusch, das von ständig herabfallenden, unzähligen, kleinen Eisstücken herrührte.

Zu beiden Seiten unserer Hütte, in etwa 50 und etwa 100 m Entfernung, fließen Bäche; der nähere, kleinere, ist wohl Saisonabhängig, da er jetzt, da die Schneefelder schon fast abgetaut sind, immer weniger Wasser führt. Bis jetzt können wir jedoch unseren Bedarf aus ihm decken. Wir haben uns am Anfang eine günstige Stelle ausgesucht, wo ein großer Stein zum Draufstehen liegt, das davorliegende Becken vergrößert, mit einigen Steinplatten den Zugang zu die-

ser Stelle ohne Versinken im Morast ermöglicht, und so ein richtiges Waschbecken oder Schöpfbecken. Das Wasser hat freilich nur 2° C, das ist recht kalt. Zusätzlich zu den Trittplatten haben wir einen kleinen Entwässerungsgraben gegraben, sodass der Morast allmählich austrocknete (was er vielleicht auch so getan hätte). Gestern habe ich -man muss vorausschicken, dass der Bach als Saisonabhängiger kein eigentliches Bett hat, sich vielmehr sehr breit gefächert über den Hang ergießt, gestern habe ich einen mehrere Meter langen Kanal gegraben, um den Bach auf unsere Schöpfstelle zu konzentrieren, da er allmählich nachläßt.

Apropos Graben - fällt mir die Abfallbeseitigung ein. Was brennbar ist, verbrennen wir, übrig bleibt im Wesentlichen Glas und Dosen, die wir, so gut es geht, verkleinern und dann vergraben. Das ist zwar nicht optimal, da der Frost hier alles im Laufe der Zeit wieder zur Oberfläche schafft (auch bei Gräbern), hier jedoch die sauberste Möglichkeit. Tief graben kann man nicht, schon ab 40 cm Tiefe stößt man auf steinhart gefrorenen Permafrostboden.

Wieder beim hellen Schein der (fast) Mitternachtssonne nach einem wunderschönen Tag mit einer siebenstündigen Rundwanderung um die ganze Halbinsel (paradox) die Fortsetzung meines Briefes.

Heute habe ich zum zweiten Mal gewaschen. Auf diese Weise brauche ich nur zwei Hemden und drei Garnituren Unterwäsche einschließlich Socken. Das blaue Hemd konnte ich heute erst waschen, nachdem ich gestern in dreieinhalbstündiger Arbeit einen 10-12 cm langen Riss im Ärmel gestopft hatte. Der Stoff ist dort schon sehr dünn. Mit meiner Wolljacke... war heute das letzte Kleidungsstück in der Wäsche, das noch von unserer Vergrößerungsaktion (Bildvergrößerung) rußgeschwärzt war.

Das ging nämlich so vor sich: Albrecht hatte alle Chemikalien und notwendigen Utensilien fürs Entwickeln und Vergrößern mitgebracht. Wir machten einen Schwarzweißfilm, verdunkelten unsere Hütte (übrigens 11 m² Wohn/Schlaf und 7 m² Küche, entgegen früherer Schätzungen) hermetisch und kunstvoll, entwickelten den Film - was vorzüglich klappte- und begannen mit den Vergrößerungen, was von Anfang an mit allen erdenklichen Schwierigkeiten verbunden war. Als Uhr für Belichtungs- und Entwicklungszeiten konstruierte ich ein Sekundenpendel, wofür ich einige Zeit -da ohne Nachschlagewerke- mit Differentialgleichungen jonglieren mußte, um die Schwingungszeit - Pendellänge - Formel herzuleiten, das funktionierte auf Anhieb mit großer Genauigkeit. Unter den Utensilien, die Albrecht mitgebracht hatte, waren auch zwei Taschenlampen, eine zum Belichten, und eine Eisenbahnerlampe, zum Beleuchten des Raumes (rot). Leider hatte er zwar Ersatzbatterien, aber keine Ersatzbirnchen dabei. Zuerst fiel nämlich das Birnchen des Rotlichts aus, worauf wir die andere Lampe mit Hilfe einer roten Plastikfolie auch zum Beleuchten verwenden mussten, was sehr mühsam war, dann fiel auch noch das Birnchen dieser Lampe aus, aus, womit die ganze Aktion ins Wasser gefallen zu sein schien.

Glücklicherweise kam mir jedoch noch eine Idee, die Albrecht zuerst für völlig unmöglich hielt, dann sich aber doch zu einem Vorversuch durchringen konnte, wir nahmen als Belichtungslampe sein Blitzlicht, und siehe da, es klappte, wie ihr -hoffentlich!- an der Beilage zum letzten Brief gesehen habt. Das Problem war dabei jedoch noch die Raumbeleuchtung mit einem Rotlicht. Wir nahmen dazu die Petroleumlampe, die in der Hütte war, und stellten sie in eine Kiste, die oben ein Loch

für die aufsteigende Heißluft hatte, und ein rotes Filter (mein Plastikteller, und sonst überhaupt nicht brauchte, in der Hütte ist Geschirr in Hülle und Fülle). Nur - was wir in der Dunkelheit nicht bemerkten, die Laterne bekam zu wenig Sauerstoff, wurde auch dunkler und dunkler, rußte mehr und mehr, und als wir wieder hell machten, sahen wir, dass im ganzen Raum -Betten, Gepäck, Wäsche, Schreibtisch mit allem drauf, Wände Boden, Decke und nicht zuletzt wir selbst, von einer gleichmäßigen Rußschicht bedeckt waren. Bis das alles wieder leidlich sauber war!!!

Manchmal komme ich auch zum Lesen... Als Gutenachtlektüre habe ich von Sabina "Eisbären" von M. L. Kaschnitz auf dem Nachttischbrettchen (neben einem Bild von ihr, meinem Tagebuch, einem Kugelschreiber, dem Revolver, der Leuchtpistole, Munition, der Signalrakete und einem Stapel Pornohefte, den wir hier vorgefunden haben)...

Bericht von Albrecht Gorthner

Dieser Bericht wurde von Albrecht Gorthner beim Besuch am 22. Juli 1979 abgegeben.

13. Tag, 17. 7. Heute Morgen habe ich gedacht, wenn ich jetzt meine Karten geschrieben habe, dann ist hier vollends alles getan und ich habe endlich Zeit. Die Insel hat auch nur noch eine unerforschte Seite. Das gibt eine Tageswanderung. Die Vögel kenne ich alle. Die Blumen lerne ich, wie sie zum Blühen kommen. Wir wissen, dass wir in der Hütte bleiben. Unsere Nahrungsmittel sind da. So schnell bekommen wir keinen Besuch mehr. Der Tagesablauf wird zur Routine.
Ich schrieb also meine Karten. Uli war den ganzen Morgen mit dem Erschließen neuer Wasserläufe beschäftigt. Ich spülte und kochte dann das Mittagessen. Wir setzten uns bei 2133 Klemke (das war ihr Ausdruck für die Zeit-Kodierung auf dem Druckerpapier) *an den Tisch. Als Nachtisch hatten wir Fruchtsuppe. Die begann ich gerade zu löffeln, als ich an der Wand rechts neben mir zum Fjord hin zwei Rumpler hörte. Ich erhob mich etwas vom Hocker, um zum schmalen waagerechten Fenster hinaussehen zu können -und ich sah einem Eisbären direkt in die Augen. Ich konnte nicht einmal seinen ganzen Kopf in dem kleinen Fenster sehen, so nahe war er. Er hatte seinen Körper leicht aufgereckt und konnte so mühelos zu dem 1.5 m hohen Fenster hereinschauen.*
Ich sagte: "Uli, ein Eisbär". Uli saß mit dem Rücken zur Wand hätte nichts sehen können. Er drehte sich um und rannte bei dem Anblick sofort los Richtung Wohnzimmer. Er vergaß sein Gerät, blieb mit den Kabeln hängen, schob den Tisch weg, leerte mir meine heisse Fruchtsuppe über die Hand und wollte quer durch mich durch. Ich rief "Uli, ruhig". Sein Ziel war der Revolver. Erst als er ihn in der Hand hatte, sagte er "Wir müssen den Revolver laden, nimm Du die Signalpistole". Der Bär war schon nach Ulis Sturm wieder vom Fenster verschwunden. Das alles war bei 2137 Klemke.
Wir verteilten uns an die Fenster. Wir konnten fast den gesamten Gesichtskreis überblicken. Doch bei den Nahrungskisten rechts vor der Tür und an der ganzen Hinterfront hatte es einen toten Winkel. Da wir den Bären nicht sahen, mussten wir ihn dort vermuten. Wir wollten nach anfänglicher Panik uns nun ruhig verhalte, kein Aufsehen erregen und warten. Wir hörten nichts. Und wenn wir etwas hörten, so war es eine knarrende Diele, eine zwitschernde Schneeammer (wie grotesk) oder unser eigener Pulsschlag. Wenn er an den Kisten

war, hätten man ihn hören müssen.
Nun war ich auch für Ulis Vorschlag, einen Schreckschuss abzugeben. Er schoss mit dem Revolver durch das Lüftungssieb. Es rührte sich nichts. Vorher hatte ich noch die Tür mit dem Besen verrammelt.
Wir überlegten weitere Schritte. Wir mussten nachsehen, ob er sich an den unübersehbaren Stellen aufhielt. Uli als Waffenträger übernahm diese Nerven-aufreibende Aufgabe. Um die Ecke war nichts. Wir berieten in der Hütte den nächsten Schritt. Wir mussten hinterm Haus nachsehen. Die Türe für den Rückzug geöffnet luchsten wir um die Ecke -auch nichts. Jetzt war in nächster Nähe die Luft rein. Ich legte meine Signalpistole ab.
Wir stiegen aufs Dach, um nach dem Bären zu suchen. Ich nahm Fernrohr und Stuhl mit hoch und schaute zunächst ans linke Ufer. Da war nichts. Dann guckte ich nach Ny Ålesund. Da war auch alles beim alten. Die Bootsanlegestelle, die man sehr deutlich sehen konnte, war menschenleer. Vor der Messe ging jemand. Also war Tageszeit. Unser Feuerwerk hatte also nichts genützt. Nun stellte ich das Fernrohr auf das Eisfeld ein und hatte den Bären sofort im Visier. Er ging in etwa 400 m Entfernung nach rechts und legte sich dann nieder. Das nutzte ich aus, um mir Pullover und Anorak zu holen und die Fotoausrüstung. Meinen Fotoapparat hatte ich schon während der Horchphase in der Hütte bereit gelegt.

Uli holte nun als weiteres Notsignal die rote Flagge. Wir überlegten, was wir damit erreichen wollten. Wir wollten Hilfe für eventuelle spätere Gefahr und als bessere Bewaffnung einen zweiten Revolver. Die Signalpatronen waren einen feuchten Dreck wert.
Als ich zwei Bilder geschossen hatte, war wie immer in solchen Situationen der Film voll. Wir machten noch einige Fotos, als der Bär aufstand und sich davon machte. Da ich nicht immer am Fernrohr sitzen konnte, habe ich ihn schließlich aus den Augen verloren. Er muss sich hinter einem Eisberg verkrochen haben.
Nun fotografierten wir auch unseren "Verteidigungsturm". Das sah schon gut aus mit Stuhl und roter Fahne auf dem Dach (siehe Abbildung 7.9). Bei 2147 Klemke war die Aktion beendet. Ich räumte noch das Durcheinander in der Küche auf und aß dann meine Fuchtsuppe weiter.
Diese Situation, wie der Bär zum Fenster reinschaute (siehe Zeichnung von Albrecht 7.8), ist seitdem immer Gegenstand unserer Witze und Phantasiegeschichten. Auch, dass der Bär auf dem Klo sitzt, war eine unserer Ideen. Als ich vorhin aufs Klo musste, nahm ich den Revolver mit. Es ist schon ein unangenehmes Gefühl so ohne Umsicht und schützende Wände.
Wir werden ab jetzt andere Vorsichtsmaßstäbe walten lassen. Was wäre gewesen, wenn der Bär nicht zum Mittagessen gekommen wäre, sondern zu der Zeit, als ich vor dem Haus spülte und Uli 100 m entfernt schaufelte? Jetzt wird eine Alarmanlage gebaut. Den toten Winkel am Spültisch haben wir schon mit einem Spiegel überbrückt.

7.1.2 Anna Schneider und Peter Klein in der Londonhytta und später in der Tyskerhytta

Anna Schneider und Peter Klein lebten zunächst in der Londonhytta auf der Blomstrandhalbinsel und später in der Tyskerhytta etwa 5 km östlich von Ny Ålesund.

Anna schrieb neben dem offiziellen Tagebuch auch ein ausführlicheres privates mit Kopien von Briefen. Über die Reise nach Ny Ålesund und die Zeit in den beiden Hüt-



Abbildung 7.8: *Zeichnung von Albrecht nach einem Eisbär-Besuch auf Gorillaheimen*



Abbildung 7.9: *Rote Fahne als Notsignal* auf dem Dach von Gorillaheimen; das Schild im Vordergrund ist eine Warnung vor dem Stolperdraht. Dieser aktivierte eine Alarmanlage als Schutz vor Eisbärenbesuch

ten zitiere ich Teile aus zwei Briefen von Anna an einen Bekannten[1].

Mensch du, es ist jetzt ungefähr ein Uhr Nachts (MEZ = 529 Ortszeit mit Apparat gemessen) und ich sitze draußen vor der Tür in der Sonne...

Die Fahrerei bis hier hoch war schon ein Abenteuer - bis wir mit unseren sieben Sachen ... umgestiegen waren; das Abteil war immer bis zur Decke voll gestopft. Und dann kam die Fahrt auf der ersten Fähre -wir sind einschließlich Psychiater rumgeflippt wie die Kinder- und haben das Schiff unsicher gemacht...

Na ja, die letzte Tübinger Phase war auch noch hektisch. Am Montag kamen noch Anrufe, wir sollten Schneebrillen und Skibindungen mitnehmen und außerdem sei es arschkalt...

Jetzt geht's wieder auf dem Schiff weiter.... Wir tranken das letzte Bier, genossen die letzte Nacht und so, bis wir endlich in unserem Schlafwagen gelandet sind. Unser Psychiater gab uns noch einen Bericht von einem Eisbärenüberfall zu lesen, bei dem ein Mensch getötet wurde - und genau zwei (der Beteiligten) *aus dem Bericht haben wir dann in dem Flugzeug wieder getroffen.*

...In Spitzbergen hat uns Anders, der norwegische Physiker, empfangen und erklärt, dass wir nicht mit dem vorgesehenen Schiff weiterfahren könnten, weil nämlich die ganzen Fjorde noch vereist seien. Drei von uns (der Psychiater, Peter und ich) *müssten jetzt mit dem Eisbrecher und vier mit dem Motorflugzeug weiter... Ins Eis kamen wir erst am nächsten Morgen - beim ersten Rums fiel ich fast aus dem Bett. Nur der halbe Fjord war noch zu, aber wir haben für fünfhundert Meter fast drei Stunden gebraucht.*

Und dann wurde es erst richtig hektisch - Kisten einladen, ausladen, wieder einladen -Tod und Teufel- weil wir mit dem Schiff aus dem Eis wieder raus mussten, weil man da mit dem Schlauchboot schlecht rumdüsen kann.

Wir hatten dann doch noch *länger Zeit und sind auf dem Eis spazieren gelaufen und haben die Robben beim sich sonnen besichtigt und uns drastische Stories von Eisbären erzählen lassen. Die sind nämlich zwei Tage vor unserer Ankunft noch auf dem vereisten Fjord spazieren gelaufen.*

Dann wieder zurück zum Schiff, *wir bekamen unsere Medikamente und erste Hilfe-Pakete, die Revolver, Signalschüsse und den ganzen Kram. Dann gings wieder los.*

Hinter dem Eis wurden wir mit Fressalien, Gepäck und Schlauchboot mitten auf dem Meer aus geschifft. Die Besatzung hat sich über die verrückten Deutschen tot gelacht. Wir haben dann einen "Anlegeplatz" gefunden, der sah ungefähr so aus (siehe Abbildung 6.1)*: Zwei Meter Steine, und dann eine Schneewand. Bis wir das ganze Gepäck erst mal da hatten, sind die Jungs drei mal gefahren. Der Rest baute einen Weg nach oben und unten stieg derweil die Flut. Der Steine-Strand wurde immer kleiner, wir haben die Brot- und Apfelkisten (Mauzanas de Argentina) nur noch nach oben geschmissen. Es ging gerade noch so.*

Und dann wurden wir zu viert auf die andere Seite des Kongsfjords *transportiert - in drei Touren, weil da die Hütten für drei Gruppen waren. 15 km mit dem Schlauchboot. Wir sind dann mit unserem Gepäck hin in die nähere, da wohne ich jetzt auch, dann wieder zurück, um die Fressalien abzuholen. Aber der Typ kam nicht. Wir haben dann erst mal die Reste aus den stehen*

[1] meine Änderungen/Anmerkungen in Normalschrift, Anna's in Schrägschrift, Auslassungen mit ... markiert

gelassenen Rucksäcken gefuttert (da standen drei Fotoapparate, Pässe und weiß Gott was mutterseelenallein herum).

Dann haben wir endlich das Bötchen von weitem gesehen und da juckte es uns doch in den Fingern -man muss ja schließlich mal üben- wir haben die erste Signalrakete abgeknallt. An dem Fresszeug schleppten wir uns dann schier tot.

In der Hütte haben wir festgestellt, dass die Kisten doch nicht alle das gleiche enthalten und wir die Beilagenkisten haben. Jetzt gibt es bei uns nur Ketchup-Brot und Abends Spaghetti mit Reissoße oder Kartoffelbrei und das so lange, bis das Eis hier weg ist, damit die überhaupt mal kommen können. Aber das geht unheimlich schnell -was in den zwei Tagen, die wir hier sind, sich schon die Gegend durch die Schmelzerei verändert hat, da flippst aus. Die Zeit über, wo ich das ... hier geschrieben habe, ist ein mindestens 100 m breiter See zwischen dem Eis entstanden. Das Zeug treibt unheimlich schnell ab - es ist ganz irre (siehe Abbildung 7.10).

Überhaupt erlebt man hier irre Sachen. Die Vögel sind ziemlich angriffslustig, wenn man zufällig in Nestnähe komme; ich bin fast mal in eins rein gestiefelt, die Eier sind gut getarnt -NATO-olivgrün, sieht man echt schlecht, dafür, dass sie einem vor der Nase liegen. Ich werde jetzt öfter zum Gucken hingehen, ob da was bei raus kommt.

Und sonst -mein Zeitgefühl ist bereits ziemlich beim Teufel und die Zeiten sind schon unheimlich verschoben -ich hätte das nicht gedacht. Na, wir laufen ja auch frei.

2. Brief: *Am nächsten Tag kamen die Jungs ... zum ersten mal hier vorbei. Die strömten nur so über von Eis und Lebensgefahr, Hubschrauber-... Ich war leicht sauer, dass die die heißen Abenteuer erleben dürfen und wir hier wie im Schlaraffenland leben müssen.*

Dafür wurde ich dann direkt entschädigt. Während wir auf den Felsen in der Sonne lagen und auf den nächsten Nahrungsmitteltransport warteten, haben wir unsere ersten Eisbären ... gesehen. Die tummelten sich auf dem Eis und badeten. Die Jungs (Waldemar und Burkhard) *haben uns die Fresskisten an Land geschmissen und sind dann sofort mit dem Schlauchbötchen hin und haben sie aus der Nähe besichtigt.*

... Unsere Speisekammer ist knall voll, wir sollen hier wohl überwintern.

... Wir haben dann ein paar Wanderungen gemacht und sind jetzt fast auf unserer ganzen Halbinsel gewesen. .. Die Landschaft verändert sich ständig je nach Beleuchtung. Der Schnee schmilzt und jeden Tag sind wo anders Bäche. Hinterm Haus haben wir inzwischen ein Delta. Die Enten paaren sich und einen Fuchs haben wir auch schon gesehen, der die Eier klaut, die Enten wahrscheinlich gleich mit.

... zwei subjektive Tage später, heute waren die Jungs (Waldemar, Burkhard) *wieder da. Sie wollten den beiden anderen* (Geschwister Rudolph), *die weiter hinten an unserem Fjord wohnen, sagen, dass sie in Bälde evakuiert werden. Das ganze sieht nämlich inzwischen so aus, dass das Eis auf dem Fjord abtreibt und die Eisbären sich dann möglicherweise dahinten niederlassen. Und da sie ohne Eis keine Robben mehr fangen können, sind sie zu gefährlich.*

Gerade schlafen die Bären. Sie liegen eine Bucht weiter ... und wir sind mit einem Forscher (Waldemar) *hin zum Filmen. Wenn sie keine Robben mehr kriegen, kann es passieren, dass sie unsere Hütte belagern werden. Es scheint zumindest sicher zu sein, dass sie in diesem Sommer wohl hier bleiben werden. Das kann heiter wer-*



Abbildung 7.10: *Treibeis auf dem Kongsfjord*

den. Ich bin mal gespannt. Vielleicht werden wir auch noch evakuiert.

Mit der Zeitrechnung ist es nicht ganz so schlimm. Das Wetter ist saugut für hiesige Verhältnisse und ich brauche nicht mal an den Himmel zu sehen, um zu wissen, wo die Sonne steht. Außerdem wissen wir, wie lange die Zwischenräume zwischen den Ausdrucken sind. Erstens können die Jungs, bzw der Apparatefachmann besonders, schlecht lügen, zweitens verplappern die sich, und drittens haben die beiden Gorillas (das sind die beiden hinten im Fjord, deren Hütte heißt Gorilla Heimen) ein Pendel gebaut mit 2-Sekunden-Rhythmus und gemessen. Die Apparate laufen wie in Tübingen 8.32 Minuten. Diese Zeiteinheit heißt inzwischen Klemke und wir machen jetzt alles in Klemkes. Reis braucht ungefähr zwei Klemkes. Wir können auch ausrechnen, wie spät es bei MEZ ist und solche Sachen. Zur Zeit stehen wir wohl so um 18:00 auf und gehen so um 10:00 ins Bett und das irre ist, wir haben dabei das schönste Wetter …

Also, es wird gerade etwas ungemütlich hier. Eine Rieseneisfläche treibt vor unserem Fenster vorbei, das bedeutet, dass die Bären schon an Land sind oder demnächst an Land müssen. Und das Dumme ist, wir wissen nicht, wo sie stecken. Peter ist jetzt mal mit voll geladenem Revolver auf Ausguck. Ich bin gespannt, ob er was entdeckt. Ein Fernglas haben wir auch nicht mehr…

Ich bin … aufgewacht, weil irgendwelche Leute hier vor der Hütte schwätzten. … Sie wollen nächste Woche hier ihre Hütte reparieren. …

Anna gefällt es hier. Sie und Peter erkunden die Halbinsel, besteigen den Hausberg,

genießen die Sicht auf den Gletscher, der die Insel begrenzt, und haben sich eingelebt.

Ansonsten habe ich jetzt endgültig festgestellt, dass unsere subjektiven Tage verschieden sind. Peter hat einen langen Morgen und ich einen kurzen (wenn es bei ihm drei ist, ist es bei mir erst eins). Dafür sind bei mir die Abende länger. Ich esse zwischen fünf und sieben, und Peter um acht. Peter ist *im Bett, ich bin noch gar nicht müde.*

..Und nun kommen die kleinen roten Männle[2] *aus dem Wasser und quartieren uns vom Morgen auf den gleichen Abend um, nur weil unsere Hüttennachbarn ihre Hütte reparieren wollen und das könnte natürlich unseren heiligen Freilauf stören. ... ich fühle mich sozusagen aus der Bahn geworfen. Abschiedsschmerz. Schön wars in London und langsam bin ich gespannt, was auf uns zukommt.*

Na ja, das einzige, was mir an unserem Umzugstag gefallen hat, war die Bootsfahrt und die Entdeckung der neuen Hütte (siehe Abbildung 7.11). *Ansonsten hat mir gestunken, dass mir beim Zusammenpacken auch noch mein subjektives Zeitgefühl abhanden gekommen ist; das ist irre, wenn du nicht mal mehr kurz oder lang zu einem Zeitraum sagen kannst -ganz schön verunsichernd auch, wenn Dir etwas fehlt, was dir sonst selbstverständlich ist.*

.. unsere neue Hütte heißt Deutsche Hütte (Tyskerhytta) und so ist sie auch (Abbildung 7.11). *Eine durch geplante Schiffskoje -es gibt so gut wie keinen überflüssigen Raum. Die Hütte kommt aus der DDR, wie dick und fett drauf gemalt ist, und sie besteht aus zusammen geschraubten Brettern wie eine Kiste. Könnte man locker auseinander schrauben und bei sich im Garten wieder aufstellen. Dass die Verhältnisse hier wesentlich beengter sind als in London, ist ja noch zu ertragen, aber mit den Betten komme ich absolut nicht klar.*

Also die erste Nacht habe ich drauf geschlafen. Es fing schon mit mehreren Widrigkeiten an. Erstens ist das Bett relativ schmal, zweitens war mir das Bett, das zur Zeit Lehne ist, beim mich umdrehen im Weg, drittens sind die Bettüberzüge so ungefähr wie im Zug bzw aus irgendeinem Plastik, und man hat mit diesen Kunststoffschlafsäcken keinen Halt und rutscht ganz komisch in der Gegend rum beim Umdrehen, viertens hatte ich auf mich drauf noch eine Decke gelegt, weil's mir meistens kalt ist, und mit der hatte ich auch ständig zu kämpfen, weil sie dauernd runterrutschte, und fünftens hatte ich meinen Messapparat zum ersten mal auf meiner rechten Seite stehen und das hat mir am allerwenigsten gepasst. Morgens war ich natürlich total verwickelt, mein Thermometer hatte ich mir aus dem Hintern gezogen, das lag irgendwo unter meinem Kopf. Ich habe ganz schön geflucht.

Tagsüber habe ich dann die nähere Umgebung erkundet; nur Wasser, Geröllhalden (die Berge hier sind wie die Kohlehalden im Ruhrpot) und Eis. Streckenweise wurde mir beim Herumlaufen richtig trostlos - die Londoner Umgebung war viel schöner...

Die zweite Nacht fing auch nicht besser an. Ich bin zwar auf die andere Seite in das obere Bett, damit ich wenigstens mehr Platz hatte und meinen Apparat wieder auf der "richtigen" Seite. Genutzt hat es nicht sehr viel. Gefroren habe ich wie ein Schoßhund - ... auf den Kampf mit der Decke habe ich gleich verzichtet - und mit der Kabelführung stand ich trotz allem auf Kriegsfuß. Morgens war ich so sauer - mein äußerer dicker Schlafsack war verdreht, mein

[2] *Waldemar und Burckhard mit ihren Schutzanzügen*




Abbildung 7.11: *Anna Schneider und Peter Klein mit den kleinen roten Männlein (Burckhard und Waldemar) in der Tyskerhytta* (links). *Sie wurde 1965 von der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Ostberlin errichtet und diente als Basislager für eine geologische Expedition (rechts). Sie war sehr kompakt gebaut und ähnelte in Aussehen und Geruch einem Eisenbahnwaggon der DDR*

Jugendherbergsschlafsack innen auch, aber noch mal anders, mein Thermometer hatte ich mir wieder herausgezogen und mir das ganze Ding um den Hals gewickelt; ...

Ich habe das Gefühl, weil es mir nicht passt, dass ich hierher ziehen musste, ziehe ich mir immer das Kabel raus, dann ist der Wolfgang dafür mit Nullen bestraft; ich habe den Verdacht, mein Unterbewusstsein oder irgendsowas wurstelt gerade ganz schön mit und ich will es, weil es faszinierend ist, und weil ich Zeit dafür habe, und ich will es so nicht, weil ich unsere Wissenschaftler mag und denen nicht was kaputt machen will.

.. Ich war da heute Morgen ziemlich traurig drüber und ich bin gespannt, ob sich dieser Bruch wieder kitten lässt. Gerade tendiere ich mehr nach rückwärts - ich möchte zurück in meine verlorene Heimat -zur Dampfmaschine und den Wiesen und den Böbbelesdeltas und meinen Bären - hier ist alles so trostlos, ich habe keine große Lust auf die Gegend - sie macht mich nicht an. Ich hoffe, das ändert sich noch mit der Zeit. Nachdem ich den ganzen Kram hier mal aufgeschrieben habe, geht es mir etwas besser. Ich werde ruhiger... Hütte aufgeräumt. Zum Gletscher marschiert. Hier kann man stundenlang über Schuttberge, Geröllhalden und Eis marschieren und ein Riesendelta haben wir hinterm Haus und ich bin voll durchgeplanscht, weil meine Sprünge über die Bäche oft nicht weit genug waren.

..Heute ist der zweite subjektive Tag in der neuen Hütte und ich kann mich mit dem Ding einfach nicht richtig anfreunden.

.. und sonst passiert hier nix außer dass unsere Wissenschaftler Scheiß machen und das schon wieder. Unsere Tabletten sind nämlich ausgetauscht - seit gestern bekommen wir die andere Hälfte (Placebo oder Li) - als Blinde wissen wir natürlich nicht welche. Aber da Li nicht gleich so gegeben wird, sondern die Dosis langsam erhöht wird normalerweise - so wie das bei mir im Juni auch war - und die langsame Steigerung der Dosis jetzt überhaupt nicht zur Debatte steht oder stand, dürfte relativ sicher sein, dass wir jetzt Placebo fressen. Ich bin mal gespannt, ob's stimmt.

.. ich weiß noch nicht, ob unser Expeditionsblutsauger, der eine Woche früher abfährt, den Brief mitnehmen soll. Wenn ich verbotener-weise nachrechne, fährt er in drei Tagen ..

Inzwischen haben wir seit drei Tagen Sturm mit Nebeln, Eisbergen und Regen, so, wie ich mir das typische Spitzbergenwetter vorstelle.

Wir scheinen hier an der Bergsteiger-Rennstrecke zu liegen... Mitten in der Nacht bin ich aufgewacht: Jemand hat die Gebrauchsanweisung für den Umgang mit uns laut vorgelesen, dann hat ein Gesicht zum Bullauge reingeguckt; dann sind sie weiter gegangen, nachdem sie noch sächsicherweise über unseren Exklusiveisenbahnwaggon gelästert haben (die Aufschrift DDR sehen und sächsisch reden, das macht bisher hier jeder Deutsche)... Zum ersten Mal seit unserem hier sein hatten wir keinen Touristen zum Frühstück.

Annas Bericht über eine Gletschertour und einen Traum darüber:

Von 1063 bis 1104 (fast 5 Stunden) haben wir eine tolle Wanderung gemacht, eine Gletschertour (siehe Abbildung 7.12): Den Lovenbreen hoch, zwischen Grönliet und Nobilefjället über einen Grat und die Geröllhalde hinunter und dann über den Pedersenbreen (dessen eine Seite jetzt Instaut Gletscher heißt, weil wir immer in aufgeweichte Seen eingebrochen sind, wo richtige Gletscher Eis haben) zurück.

Es ist irre, am Anfang hätten mich keine zehn Pferde auf einen Gletscher gebracht und inzwischen ist das noch das Sicherste zum Rumlaufen. Peter ist zwar zweimal in eine Spalte eingebrochen, aber immer bloß mit einem Bein, und wir haben dann besser aufgepasst. Dafür bin ich zweimal auf dem Eis abgerutscht, und wenn Peter mich nicht am Schlafittchen erwischt hätte, läge ich entweder in der Spalte oder ich wäre irgendwie drüber gekommen. An dem Tag war ich sowieso besonders mutig. Wir sind eine Felswand runter geklettert, ich hing so mit allen Vieren in der Gegend rum, ich wusste nie, ob jetzt ein lockerer Stein mich hält, wenn ich mich fallen lasse, oder nicht, und dann mussten wir die ganze Scheiße wieder hoch, weil wir unten wegen Vereisung nicht weiter kamen.

Mein Verhältnis zu dem, was gefährlich ist, hat sich hier verändert - solche Späße sind nicht mehr so fürchterlich wie am Anfang, man sieht ja, was auf einen zukommt, und kann das machen oder nicht. Wir haben dann mal darüber geredet und dabei kam so heraus, dass wir Zivilisationsheinis ziemlich viel unnötige Angst vor natürlichen Dingen haben (einmal - weil sie gefährlich sein können - aber mehr, weil wir sie nicht kennen). Wir sollten manchmal mehr Angst vor der Zivilisation haben.

Mein Gletscher-Tagtraum: Ich laufe mit Peter den Gletscher hinauf - neben reißenden Schmelzwasserflüssen in ausgefrästen und ausgehöhlten Bobbahnbetten, dreistöckig unter- und übereinander. Kurz bevor wir den Grat erreichen, stürze ich in eine Spalte - einen Grund dafür gibt es nicht. Ich denke nur noch, es ist nichts passiert - und ich muss mich jetzt nur verhalten wie ein Bob und aufpassen, dass ich nicht aus der Bahn gerate. Die einzige Gefahr ist das Erfrieren im Eiswasser - aber der Gedanke rettet mich nicht. Füße voraus, leicht angehoben, die Hände an den Körper gelegt - ab und zu wage ich den Kopf etwas zu heben - rase ich im Kanal über - aber mehr auch unterirdisch den Gletscher hinab. Mir kann nichts passieren, wenn ich meine Körperspannung beibehalte und mich dem Wasser überlasse. An die Kälte kann ich nicht mehr denken - es geht alles viel zu schnell - bis ich unten im Geröll liege. Mir ist kalt - ich überlege, dass dieses Unglück doch schwer




Abbildung 7.12: *Gletschertour von Anna und Peter über den Lovenbreen; rechts eine Spalte*

genug ist, dass ich das Verbot nicht einhalte und nach Ny Ålesund laufe. Ich brauche auch noch einige Zeit, um mein schlechtes Gewissen abzulegen und damit auch meinen Rucksack mit dem Gerät, damit ich schneller laufen kann.

Um vier Uhr komme ich in die Messe - die Wissenschaftler trinken alle gerade Kaffee. Sie sind überrascht und sauer, dass ich erstens komme und zweitens ohne Gerät. Sie glauben von meiner Geschichte, die ich nur wirr und unzusammenhängend berichten kann, kein Wort - aber sie sehen, dass ich nass und kalt, rot und vor Kälte zitternd bin, und sie geben mir Tee. Ich trinke erst einmal. Während ich langsam wieder zu mir komme, stürzt Peter herein. Er will für mich Hubschrauber und Hilfe holen. Er hatte mich in der Spalte gesucht, nicht mehr gefunden und da er ja allein nichts tun konnte - war er auch los gerannt - nur war ich im Eiskanal natürlich schneller. Auch er begreift erst nicht, wieso ich da sein kann, aber er glaubt mir. Die anderen wandern schließlich den Gletscher hinauf - werfen Farbe in das Loch, in das ich gestürzt war, und das gefärbte Wasser kam Gott sei Dank wie ich unten heraus - und sie glaubten mir.

Peter und Anna liefen am Ende des Versuchs nach Ny Ålesund. Essen gab es auf der Hurtigruten. Nach dem Essen trafen sich die deutschen Gruppen und wir erzählten Ihnen, wie die Ergebnisse waren, soweit wir sie ausgewertet hatten. Danach fuhren wir mit dem Schiff nach Longyearbyen.

7.1.3 Geschwister Rudolph in Ragna- und Nilseby-Hytta

Nachdem die ursprünglich für Angelika und Bernd-Ulrich Rudolph ausgesuchte Kjärsvik Hütte wegen des Eistreibens nicht mit dem Boot erreichbar war, wurde umdisponiert. Anders war inzwischen wieder aus Tromsø zurückgekehrt und hatte nach Rücksprache mit Leuten der Station die Ragna Hütte auf der Nordseite des Kongsf-





Abbildung 7.13: *Die Geschwister Rudolph (links mit Rucksäcken) werden von Waldemar (im Boot) mit dem Schlauchboot zur Ragna-Hütte (rechtes Bild) gebracht. Dort kam leider nach einigen Tagen eine schweizer Gruppe, die dicht an der Hütte zeltete*

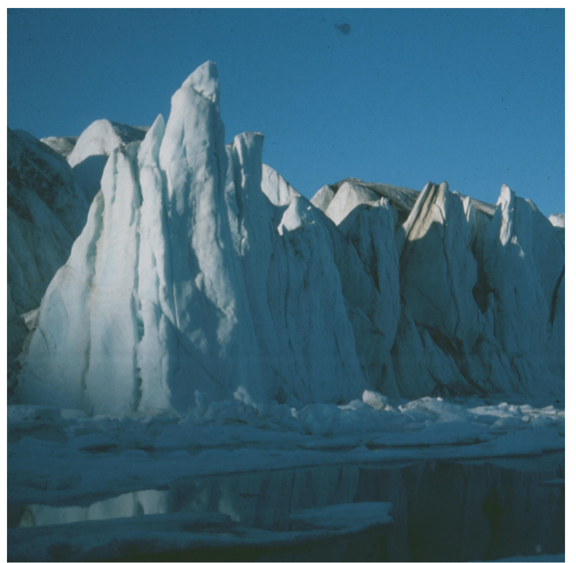



Abbildung 7.14: *Nicht weit von der Ragna Hütte war die Abbruchkante des Blomstrand-Halbinsel-Gletschers zu sehen (linkes Bild). Für Bernd-Ulrich waren die Vogelfelsen interessant (rechtes Bild)*

jords östlich des Krossfjords ausgesucht. Die Beiden wurden von Waldemar Himer mit seinem Schlauchboot samt Gepäck von Ny Ålesund aus dorthin gebracht (Abbildung 7.13). Die Umgebung war sehr eindrucksvoll und für Uli als Ornithologe interessant (Abbildung 7.14).

Dort schlug allerdings bald nach ihrer Ankunft eine Schweizer Bergsteigergruppe direkt an der Hütte ihre Zelte auf. Durch sie wurden sie ziemlich stark bei ihrem Versuch, ohne Zeitgeber zu leben, gestört. Außerdem hielt sich ein Eisbär in der Nähe der Hütte auf, der eines Tages das Zelt mit den Lebensmitteln der Schweizer besuchte und nur durch lautes Schreien vertrieben werden konnte (Abbildung 7.15). Sie wurden deshalb in eine Hütte (Nilseby) auf der Brögger-Halbinsel westlich und in der Nähe von Ny Ålesund verlegt. Die Hütte war von Ny Ålesund in etwa 30 Minuten zu Fuß zu erreichen (siehe Abbildung 7.16).

Ulrich Rudolph war an den Vögeln von Svalbard interessiert, kannte sich beim Beobachten und Bestimmen der Arten recht gut aus und führte Buch. Aus diesem stammen einige Angaben, die im Anhang nachzulesen sind (Abschnitt 11.5.12). Die Tage verbrachten die Rudolphs mit Arbeiten in und an der Hütte (zum Beispiel Holz hacken), Spaziergängen und Wanderungen.

Bei der späteren Auswertung der Daten zeigte sich, das die Rudolphs einen extrem langen Tag hatten. Wenn man daraufhin die Tagebücher ansieht, zeigen sich sowohl während der sehr langen Nächte Wachphasen als auch während der langen Tage Müdigkeit und Schlafphasen. Beispiele sind Einträge vom 3. Tag (extrem lang geschlafen), 5. Tag (bisschen zu lange geschlafen), 9. Tag (drei mal aufgewacht, zum Teil wach gelegen, ganz unnormal, dass ich kurz nach Einschlafen wieder auf die Toilette muss), 12. Tag (es ist ein Problem, zu entscheiden, ob ich ausgeschlafen bin oder nicht, 13. Tag (merkwürdige Nacht, 34 Einheiten wach gelegen, später auch noch öfter aufgewacht, zu viel geschlafen, lange Wanderung, Bettgehzeit überzogen). Am Ende des Freilaufs am 3. August (also nach 25 Tagen) hatten die Beiden nur 15 subjektive Tage gelebt.

Waldemar machte mich darauf aufmerksam, dass Angelika felsenfest davon überzeugt war, sie und ihr Bruder würden zu Beginn des Experimentes in Spitzbergen Li-Tabletten erhalten. Es ist möglich, dass sie deshalb unbewusst versucht hat, einen langen Tag zu leben, da sie (wie auch die anderen Teilnehmer) wussten, dass die Hypothese geprüft werden sollte, Li verlängere die Periode der inneren Uhr.

Nach dem Freilauf wurde von den Ru dolphs noch 6 Tage während der Resynchronisation auf den 24-Stunden Tag die Körpertemperatur und die Armbewegung gemessen.

7.1.4 Aud und Olav in Geopol auf Kvadehuk

Eine Ölfirma hatte auf der Kvadehuk-Fläche (Abbildung 7.17) nach Öl gesucht und dort eine Hütte aufgebaut. Diese “Geopol” wurde von Aud und Olav bewohnt (siehe Abbildung 7.18 und 7.19). Kvadehuksletta war eine flache Nase im Westen der Brögger-Halbinsel. Bei der Schneeschmelze hatten sich die kleinen Bäche in breite Wasserströme verwandelt. Interessante Musterbildungen der Böden waren zu beobachten. Sie enstehen durch das Zusammenwirken von Frost und Wasser (siehe Abbildung 7.20 und Appendix 11.5.13).




Abbildung 7.15: *Eisbär in der Nähe der Ragna Hütte (links). Herd und Kochnische in der Ragna-Hütte (rechts)*




Abbildung 7.16: *Nilseby Hütte in der Nähe von Ny Ålesund, Blick auf die Berge (links) und auf den Fluss Byelva mit Kongsfjord im Hintergrund und den Bergen auf der anderen Seite (rechts)*



Abbildung 7.17: *Ebene des Kvadehuk nach dem Schmelzen des Schnees. Geopol Hütte im Hintergrund*





Abbildung 7.18: *Aud und Olav lebten in der Geopol-Hütte. Bei der Ankunft war die Landschaft des Kvadehuk noch völlig verschneit. Wenige Tage später war aller Schnee weggetaut (siehe Abbildung 7.17)*





Abbildung 7.19: *Anders mit Aud und Olav vor der Geopol-Hütte (beachte die getragenen Instrumentenkästen), rechte Seite Aud in der Hütte*



Abbildung 7.21: *Lars-Erik und Inga vor der* Stenehytta *(links) am Leinstrand mit Blick auf Prins Karls Forland (rechts)*



Abbildung 7.22: *Inga am Lagerfeuer (links) und (mit Gewehr) vor einer Mauer aus Eisschollen, die der Wind vom Meer getrieben und am Strand aufgetürmt hatte (rechts)*



Abbildung 7.20: *Durch Frost und Wasser bilden sich polygonale Muster auf den Böden des Kvadehuk.* Zum Größenvergleich Anders auf Verpflegungsbox

7.1.5 Lars-Erik und Inga in Stenehytta

Lars-Erik und Inga und Aud zur Geopol-Hütte gelaufen, hatten dort übernachtet und waren am nächsten Tag zur Stenehytta am Leinstrand vor der Engelsbucht im Süden von Ny Ålesund marschiert. Dort verbrachten sie die Versuchszeit. Ihre Hütte und Umgebung war fast so schön wie Gorillaheimen (siehe Abbildung 7.21). Am Strand fand sich jede Menge Holz und ganze Baumstämme, die dort vom Wasser angetrieben worden und ohne Rinde und Borke weiss gebleicht waren. Sie eigneten sich für lange Lagerfeuer, die manchmal nötig waren, wenn Treibeis-Schollen sich am Strand auftürmten (siehe Abbildung 7.22). Im Nordosten ging es zu den Bergen und Gletschern, auf deren anderer Seite Ny Ålesund lag. Anders und ich sollten sie später kennenlernen, als wir nach einer langen Wanderung über Geopol in Stenehytta übernachteten und am nächsten Tag, um nicht den gleichen langen Weg wieder zurückgehen zu müssen, über die Berge nach Ny Ålesund liefen. Über diese abenteuerliche Wanderung später mehr.

7.2 Einige Eindrücke aus Fauna und Flora

Eine Insel, die so hoch im Norden liegt, verdankt ihre relativ reiche Fauna und Flora dem Golfstrom. Er bringt warmes Wasser in diese Region. Dazu kommt die lange Sonneneinstrahlung im Sommer. Sobald der Schnee geschmolzen und das Eis verschwunden ist, kommen die ersten Pflanzen und viele von ihnen blühen innerhalb kürzester Zeit (siehe Abbildung 7.23, 7.24, 7.25, Literaturzusammenfassung http://svalbardflora.net/index.php?id=188). 173 Gefäßpflanzen[3], 373 Moose (Beispiel Abbildung 7.27 rechts), 597 Flechten (Beispiele Abbildung 7.28 rechts und Abbildung 7.29) und 705 Pilzarten (Beispiel Abbildung 7.28 links) sind bisher beschrieben. Hinzu kommen 1122 Cyanobakterien und Algen im Süß- und Salzwasser. In der kurzen Vegetationsperiode werden die Samen und Früchte der Blütenpflanzen schnell gebildet. Sie bieten Nahrung für zahlreiche Vögel.

In früheren Erdzeitaltern lag Svalbard wesentlich weiter südlich und hatte eine reiche Vegetation. Davon zeugen die Kohlevorräte, die in Spitzbergen vorhanden sind und noch heute abgebaut werden. Auch Versteinerungen sind zu finden (siehe Abbildung 7.26).

Es gibt einige größere Landsäuger in Svalbard: Das Spitzbergen-Ren (etwa

[3] Bestimmungsbuch: Rønning 1979, Svalbards Flora, Norsk Polarinstitutt Oslo



Abbildung 7.23: *Blühende Polsterpflanzen (links Silberwurz* Dryas octopetala*, rechts stängelloses Leimkraut (Silene acaulis)*



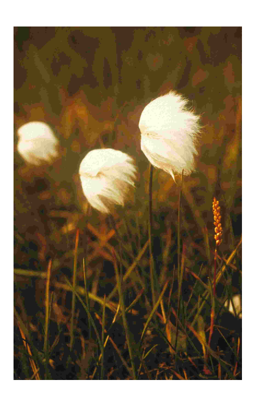


Abbildung 7.24: *Blühendes Wollgras (*Eriophorum scheuchzeri*) wächst auf feuchten Flächen. Rechts eine Nahaufnahme, am rechten Rand Fruchtstand des Knöllchen-Knöterichs* Polygonum viviparum



Abbildung 7.25: *Zwergweide (*Salix myrsinites*): Niemand würde bei uns in diesem Winzling eine Weide vermuten. Rechts Pflanzen trockener Standorte (*Arabis petraea *links)*

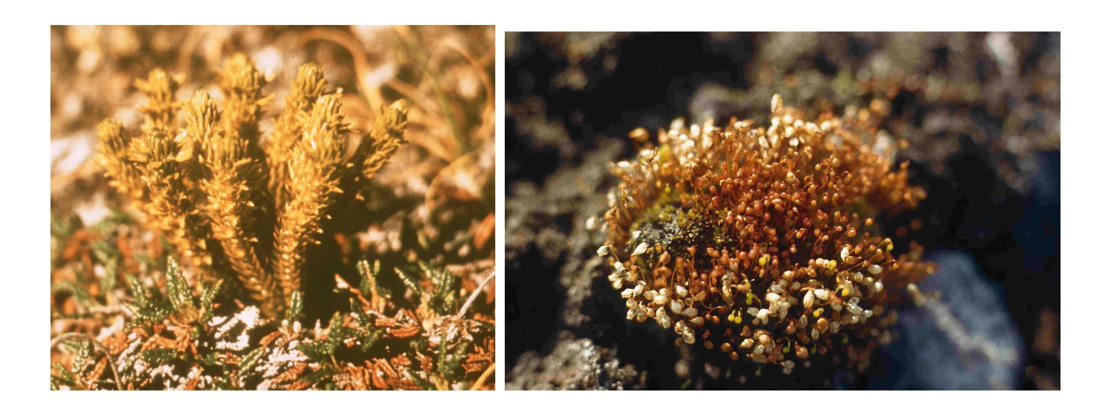


Abbildung 7.27: *Bärlapp links, Moospolster rechts*



Abbildung 7.29: *Flechten und Moose auf Fels (links), schwarze ringförmig wachsende Flechte auf Fels (rechts)*



Abbildung 7.30: *Ein Spitzbergen-Ren (*Rangifer tarandus platyrhynchus*)*



Abbildung 7.26: *Fossiles Blatt aus Kohlehalde*

10 000 Tiere, Abbildung 7.30), am und hauptsächlich im Wasser Eisbären (Abbildung 7.8), wie auch Robben (Abbildung 7.31) und Seelöwen. Schließlich gehören auch Wale zu den Meeressäugern in den Gewässern um Svalbard.

Vögel kommen im Sommer in großer Zahl nach Svalbard. Sie brüten in der Tundravegetation (Abbildung 7.32 links und Mitte), wo sie allerdings auch Opfer des Polarfuchses werden können (Abbildung 7.32 rechts).

Einige Vögel brüten an steilen Felsen, wo sie vor Feinden relativ geschützt sind (Abbildung 7.33). Diese Vogelfelsen sind an der üppigen Vegetation an ihrem Fuß zu erkennen, ein Resultat des reichlichen Vogeldüngers.

7.3 Überqueren der Berge

Am nächsten Morgen schauten wir uns die Karte für unsere Bergtour an (Abbildung



Abbildung 7.31: *Schwimmender Seehund (*Phoca vitulina*, oben) und Bartrobbe (*Erignathus barbatus*, unten)*



Abbildung 7.32: *Gut getarnte brütende Eiderente (links). Trotzdem werden Vögel auch Opfer des Polarfuchses (rechts)*

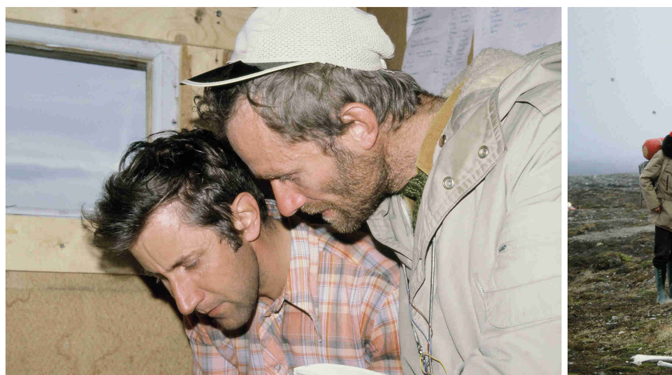



Abbildung 7.34: *Anders und ich studierten sorgfältig die Karte vor unserer Bergüberquerung (links). Aufbruch (rechts)*



Abbildung 7.35: *Nachdem wir von Stenehytta die Bergkette überquert hatten (siehe Abb.* 7.12*), schliefen wir in Franskeleiren, bevor wir dann nach Ny Ålesund zurückliefen. Im Hintergrund der Königsgletscher, linker Bergklotz Collethøgda. Nach einer Postkarte gemalt vom Autor*

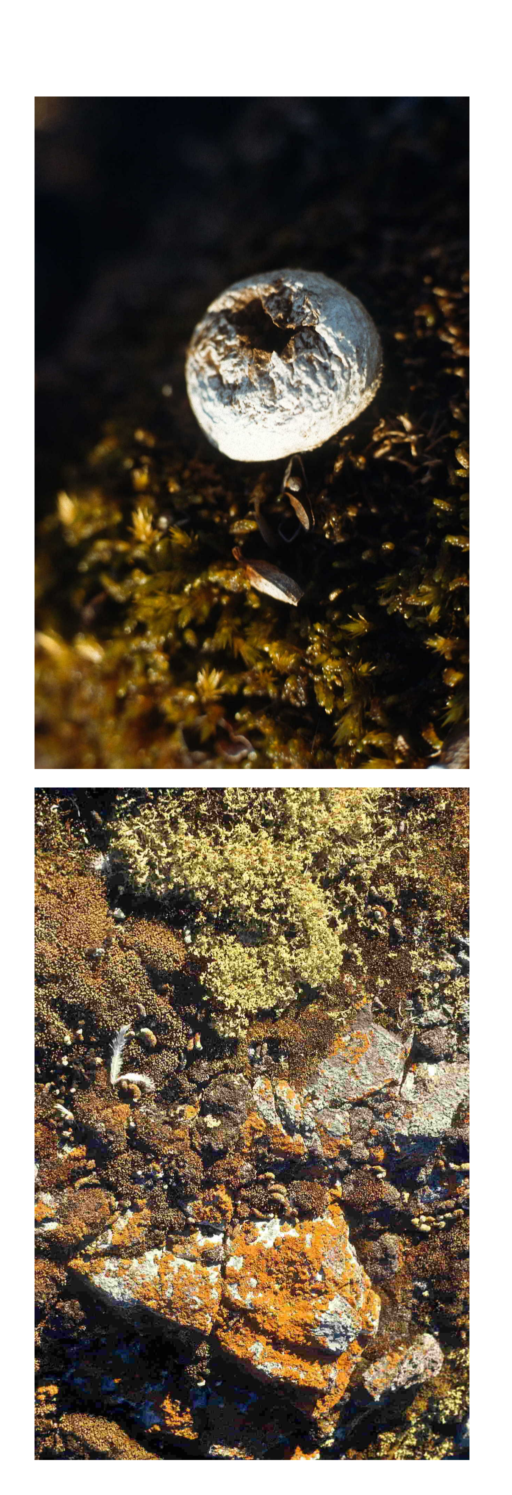


Abbildung 7.28: *Bovist oben, verschiedene Flechten unten (oben Rentierflechte)*





Abbildung 7.33: *Schutz vor Feinden bieten die steilen Felsen, in denen eine ganze Reihe von verschiedenen Vogelarten brüten. Sie sind an der üppigen Vegetation zu ihren Füßen zu erkennen (oben). Unten eine Gruppe von brütenden Dreizehenmöven*

7.34). Lars-Erik und Inga begleiteten uns ein Stück, bevor wir dann die Berge überquerten. Es war zunächst eine sehr schöne Bergtour mit herrlichen Aussichten zurück auf den Forlandsund und das Prins Karls Forland und hinauf in die Berge mit ihrem Schnee und den Gletschern. Trotz intensivem Studium der Karte merkten wir dann, dass wir uns vertan hatten. Zum Umkehren war es aber zu spät. Je höher wir kamen, umso unwirtlicher wurde es. Dann hatten wir den Grat erreicht. Dahinter ging es eine steile Felsspalte hinab auf einen ausgedehnten Gletscher (siehe Abbildung 7.35). Ohne Anders hätte mich der Mut verlassen und ich wäre umgekehrt. Er aber fing an, hinunterzuklettern, und mir blieb nichts übrig, als ihm zu folgen. Es ging besser, als ich dachte. Allerdings fing dann erst der gefährliche Teil an, als wir über den Gletscher hinabliefen. Er hatte Spalten, die man wegen des darüber liegenden Schnees nicht sehen konnte. Und prompt brach Anders mit dem rechten Fuß in so eine Spalte ein. Zum Glück konnte er sich halten und wir setzten unseren Weg mit noch mehr Vorsicht fort. Dann merkten wir, dass wir zu weit östlich von Ny Ålesund aus den Bergen kamen und zu erschöpft waren, um noch weiterzulaufen. Zum Glück gab es dort Franskeleiren, ein französisches Camp (Abbildung 7.35). Wir schliefen in einer der drei Baracken in unseren Schlafsäcken und wanderten am nächsten Tag nach Ny Ålesund zurück. Mit einem Mordshunger kamen wir an.

8 Zurück zum 24-Stunden-Tag: Resynchronisation

Nach dem Freilauf wurde von den Teilnehmern noch einige Tage im 24-Stunden-Tag die Temperatur und Aktivität gemessen.

Die Versuche unter Freilauf-Bedingungen endeten für die Norwegergruppe II am Mittwoch, den 25. 7., und für die Gruppe I am Donnerstag, den 26. 7. Sie sollten alle Medikamente in den Hütten lassen. Aud und Olav liefen von Geopol zum Brandalpynten, wo sie nachmittags ankamen und die rote Fahne hissten, um von dort mit dem Schlauchboot abgeholt zu werden.

Wir hatten mit den Teilnehmern vereinbart, dass sie danach noch einige Tage während der Resynchronisation auf den Normaltag messen sollten.

Am Abend des 26. 7. hatten wir ein "Seminar" mit den norwegischen Studenten, in dem wir die Ziele und vorläufigen Ergebnisse des Experimentes in Spitzbergen vorstellten. Als Zeit zum ins Bett hatten wir uns für die Resynchronisation auf 22:00 Uhr geeinigt.

Mit Anders besprach ich noch eventuelle zukünftige Bunkerpläne in Deutschland und einen Versuch in Ny Ålesund mit einem Arzt und einem depressiven Patienten, der bisher mit Li^+ behandelt wurde. Der Patient würde dann auf einer der beiden London Hütten und der begleitende Arzt auf der anderen Hütte daneben leben. Für eine Woche würde der Patient im Freilauf Körpertemperatur und Aktivität registrieren. Dann würde das Li^+ abgesetzt (zum Beispiel bei einem Patienten, bei dem sowieso ein Absetzen indiziert war) und für eine weitere Woche im Freilauf gemessen werden. Anschließend würde noch im 24-Stunden-Tag die Resynchronisation erfasst werden.

Da die deutschen Studenten eine Woche später als die norwegischen mit den Messungen begonnen hatten, dauerte ihr Freilauf eine Woche länger. Die Auswertung neuer Daten (auf Grund der Körpertemperatur-Minima während der Schlafenszeiten) von der deutschen Gruppe II in der Tyskerhytta zeigte keine Unterschiede zwischen der Periodenlänge während des Li^+- und des Placebo-Zeitabschnitts. Hingegen waren jetzt bei der deutschen Gruppe I von Gorillaheimen deutliche Reaktionen auf die Li^+-Behandlung zu erkennen.

Lars-Erik wurde vom Stationsleiter angeboten, die Arbeit des für die meteorologische Station zuständigen Norwegers so lange zu übernehmen, bis dieser wieder vom Urlaub zurück war. Inga lebte während dieser Zeit in der nahe gelegenen Nilseby Hütte. Essen für eine Woche war noch in der Tyskerhytta übrig.

Am Montag, den 30. 7. wurde die deutsche Gruppe II in Gorillaheimen besucht und "neue" Tabletten gebracht (es waren Placebo-Tabletten wie schon die bisherigen, nachdem sie früher von Li^+ darauf gewechselt hatten). Wir wollten sie damit verwirren. Am gleichen Tag wurde die Gruppe GI in der Tyskerhytta besucht. Wir waren um 13:00 Uhr in Ny Ålesund abge-

fahren und um 14:45 dort angekommen. Die Beiden hatten an diesem Tag für etwa vier (subjektive) Stunden eine Bergtour gemacht. Wir fotografierten die Hütte und die Umgebung, das kunstvoll von Peter angefertigte Wasserrad in einem Wasserrinnsal, Vogelfelsen in der Nähe und erwehrten uns der Raubmövenangriffe.

Am Mittwoch, den 1. 8. besuchte Waldemar die Rudolphs und reparierte einen der Aktografen. Sie hatten eine lange Wanderung um die Bryggerhalbinsel gemacht. Am Vormittag nahm uns ein Schiff ("Aurora") zur Blomstrand-Halbinsel mit. Von dort gingen wir nach Gorillaheimen. Da Albrecht und Ulrich noch schliefen, hinterließen wir eine Botschaft, sie sollten ihr Gepäck fertig machen und zur London Hütte laufen. Am Abend (20-22:00 Uhr) wurde das Gepäck von Peter und Anna mit dem Boot von der Tyskerhytta abgeholt. In der Nacht brachten Norweger von der Station das meiste Gepäck von Albrecht und Ulrich aus Gorillaheimen mit nach Ny Ålesund.

Am Donnerstag, den 2. 8. holte Waldemar Albrecht und Ulrich von Gorillaheimen ab. Sie waren nicht zur London Hütte gelaufen. Danach holte er noch das wichtigste Gepäck von der Tyskerhytta ab. Mit leichtem Gepäck sollten sich Anna und Peter am nächsten Tag auf den Weg nach Ny Ålesund machen. Abends saßen wir alle zusammen und erzählten.

Am Freitag, den 3. 8. kamen 13:30 Anna und Peter in Ny Ålesund an. Für sie begann jetzt die Resynchronisation auf den 24-Stunden Tag.

In der Kantine erzählte Bjarne Nordnes, ein norwegischer Fangman und Schriftsteller, Geschichten über Eisbären und Robben, die er während seiner Überwinterungen in Svalbard erlebte (siehe Nordnes (1982)). Ich gab ihm meinen elektronischen Kalkulator mit eingebauter Uhr, damit er während seiner für dieses Jahr geplanten Überwinterung in Grøhuken im Norden von Svalbard seine täglichen Schlafenszeiten aufschreiben kann. Die Grafik ist in Abbildung 8.1 dargestellt.

Um 14:00 gab es einen Vortrag über unser Experiment. Um 14:30 essen wir auf dem Schiff der Hurtigruten Mittag. Zum Abschied spielte bei der Abfahrt die Kapelle von Ny Ålesund. Wir verabschiedeten uns von Lars-Erik und Inga, die noch hier bleiben. Die Schiffsreise von Ny Ålesund nach Longyearbyen bot wunderbare Panoramen. Kein Wunder, dass Peter und Anne erst um 24:30 und Waldemar und die Rudolphs erst um 3:00 ins Bett kamen.

Am Samstag, den 4. 8. fuhren wir mit der Hurtigruten in den Eisfjord, an Tempel und Pyramiden vorbei nach Longyearbyen, wo wir gegen 11:00 Uhr ankamen. Brattlien fuhr uns zum Bootshaus in Coalharbour, wo wir an den nächsten drei Tage schliefen. Wir verabschiedetenn uns von ihm und dankten ihm für alle seine Hilfe. Das Haus war etwa 45 min zu Fuß von Longyearbyen entfernt. Dort hatten wir unser Abendbrot.

Am Sonntag, den 5. 8. wanderten wir nachmittags ins Björndalen. Dort kamen wir am Entlüftungsschacht einer ehemaligen Kohlemine vorbei. Wir folgten einem Fluß, durchquerten eine Ebene und liefen am Fjordmeer zurück. Einige tote Küstenseeschwalben und Möven zeugten vom harten Lebenskampf in diesen nördlichen Gefilden.

Am Montag, den 6. 8., halfen wir nach dem Frühstück beim Isolieren von Teilen des Vetenskapshus. Am Abend sammelte ich Algen am Kai für einen Kollegen im Botanischen Institut in Tübingen.

Am Dienstag, den 7. 8. flogen wir mit der SAS um 3:50 von Longyearbyen über Tromsø nach Oslo. Mit einem Taxi fuhren

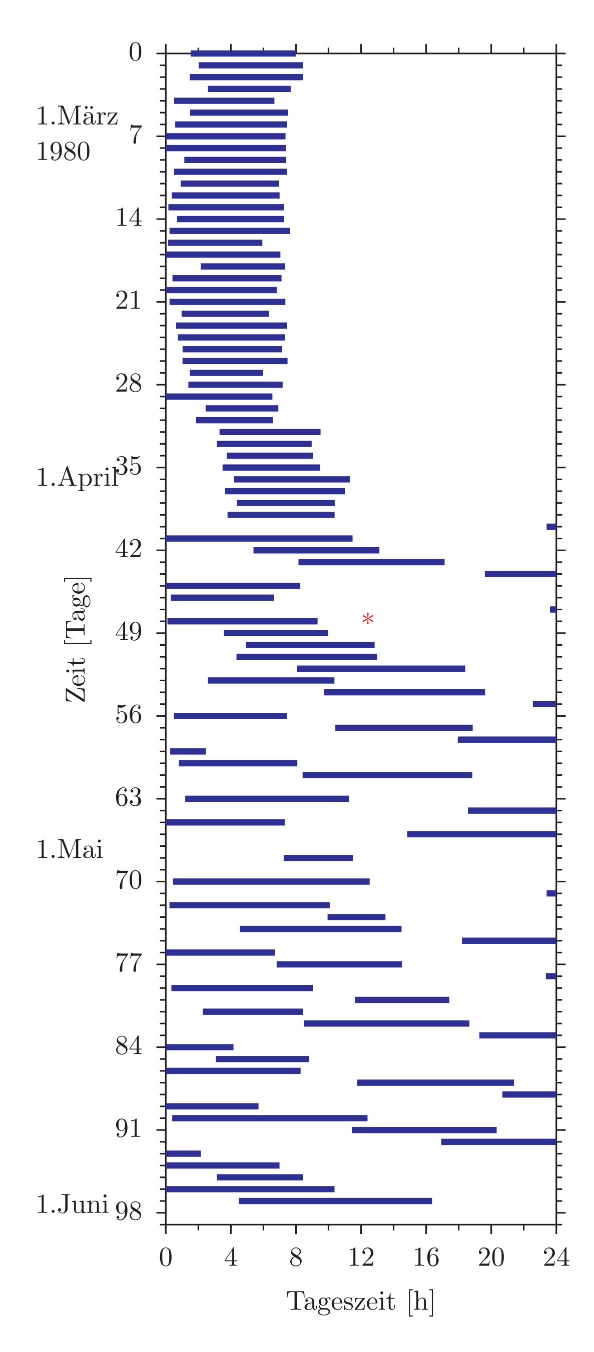


Abbildung 8.1: *Schlafenszeiten von Bjarne Nordnes, einem norwegischen Schriftsteller und Jäger, im arktischen Winter im Norden von Svalbard. Mitternachtssonne zum ersten Mal am mit rotem * markierten Tag zu sehen*

wir vom Flugplatz zum Ostbahnhof, wo wir unser Gepäck deponierten.

Da wir bis zur Abfahrt des Zugs nach Deutschland noch genügend Zeit hatten, bummelten wir durch die Stadt.

Anna erzählt: *In Oslo sind auf einen Markt gegangen. Das war spitze, mir hat das dort unheimlich Spaß gemacht. Angefangen hat es ganz harmlos. Ich habe mir einen Pfirsich gekauft. Aber dann ging es weiter, wir haben uns richtig durch gefressen: Radieschen, Tomaten, Salat, Blumenkohl, Lauch, Melone, Kirschen, die zweiten Pfirsiche. Kuchen und Brot gabs dann auch noch. Frisch gestärkt haben wir dann das Kunsthandwerkhaus hinterm Dom besichtigt und einem Töpfer zugeschaut.*

Mit der Fähre fuhren wir vom Rådhuskai nach Bygdøy, wo wir das Fram- und Kon-Tiki-Museum besuchten. Das Fram Museum ist den drei berühmten norwegischen Polarforschern Fridtjof Nansen, Otto Sverdrup und Roald Amundsen gewidmet. Es beherbergt die Fram, mit der Nansen über das nördliche Eismeer segelte und versuchte, auf Skiern den Nordpol zu erreichen. Man kann das Schiff begehen. Sverdrup führte eine Expedition nach Grönland durch, wo er mehr als 200 000 km^2 Neuland entdeckte und kartierte. Amundsens Expedition zum Südpol sowie die Entdeckung der Nordwestpassage im nördlichen Eismeer und sein Versuch, den Nordpol zu erreichen, sind hier ebenfalls dokumentiert. Tiere aus den polaren Gebieten, wie Eisbären, Pinguine und Moschusochsen sind zu sehen.

Thor Heyerdahl (1914-2002) hatte 1937/38 die Fatu-Hiva Expedition durchgeführt, 1952-53 die Galapagos Expedition, 1947 die Kon-Tiki Expedition, 1955-56 und 1986-88 Expeditionen zu den Osterinseln, 1969 und 1970 die Ra Expeditionen, 1977-78 die Tigris Expedition und führte 1988-93

archaeologische Ausgrabungen in Túcume (Peru) durch. Im Kon-Tiki Museum (siehe http://en.wikipedia.org/wiki/Kon-Tiki und das Buch Heyerdahl (1950)) sind die Originalboote von Heyerdahl zu sehen. Das Schiff wurde nach dem alten Namen des Sonnengottes der Inka Kon-Tiki benannt. Heyerdahl glaubte, dass Leute aus Südamerika mit einfachen Booten Polynesische Inseln in der Zeit vor Kolumbus erreichten. Er wollte durch die Kon-Tiki Expedition zeigen, dass dies mit Schiffen aus dort verfügbarem Material und mit Technologien dieser Zeit möglich war. Heyerdahl segelte zusammen mit fünf Begleitern fast siebentausend Kilometer über den Pazifik und landete nach 101 Tagen auf einer Insel der Tuamotu Inselgruppe.

Die Rückfahrt von Oslo nach Stuttgart und Tübingen mit der Bahn verlief reibungslos. Für die Studenten war eine interessante Zeit in einem faszinierenden Land zu Ende gegangen.

Anna erzählt von den ersten Tagen in Tübingen nach der Rückkehr: *..habe meine Rucksäcke ausgepackt und bin dann eine Runde durch Tübingen gelaufen. Aber mir ist es hier im Moment zu eng, zu viele Leute, zu viele Dinge, ich fühle mich über-reizt. Ich muss sehr auf meine Bedürfnisse aufpassen, ich habe noch nie so stark empfunden, was alles von außen kommt und wie viel und wie sehr man ständig unterbrochen wird. Im Moment kann ich keine verbindlichen Abmachungen ertragen, ich muss frei sein und tun, wozu ich Lust habe. Mein Zeitgefühl habe ich nicht mehr. Im Moment ist es bei mir drei Stunden früher als es ist (halb elf hätte ich geschätzt und halb zwei ist es).*

Ich habe immer noch Schwierigkeiten mit der Zeit, ich verschätze mich laufend, und ich komme auch noch nicht damit zurecht, dass man bestimmte Dinge zu bestimmten Zeiten erledigen muss. Ich mach alles noch so, wie es mir gerade einfällt.

..aber irgendwie kann ich mich nicht von meinem Gerät trennen. Dauernd schiebe ich den Zeitpunkt hinaus, an dem ich es abschalten will. Ich bin noch in Spitzbergen und habe noch viele Spitzbergen-Eigenschaften (ich lasse mich durch die vielen Reize hier noch nicht so aus meinen jeweiligen Tätigkeiten raus bringen) und ich habe Angst, sie zu verlieren. Jetzt merke ich erst richtig, dass mit mir in Spitzbergen psychisch doch einiges passiert ist. Allerdings ganz anders, als ich es erwartet habe. Ich hatte mit Schwierigkeiten in der einsamen Zweisamkeit gerechnet und nun habe ich so etwas wie meinen psychischen Rhythmus, wenn man das so sagen kann, gefunden. Ich befürchte, ich verliere ihn hier wieder, weil er ganz und gar nicht mit den Regelungen hier übereinstimmt und ich bin traurig. Aber ich habe mich gerade getröstet mit dem Gedanken, dass ich ja wieder mal für mich freilaufen gehen kann.

Anna hat übrigens in Erling-Andechs nach dem Spitzbergen-Experiment einige Wochen im dortigen unterirdischen Apartement ein Li-Experiment gemacht, dessen Ergebnisse im Anhang auf Seite 141 geschildert werden. Die dabei erhaltenen Kurven sind in Abbildung 11.1 dargestellt.

Interessanterweise zeigte sie dabei einen sehr kurzen Tag. Aus ihrem Tagebuch habe ich Notizen übernommen, die sich auf ihr Zeitempfinden beziehen. Wenn man weiß, dass sie einen sehr kurzen Tag hatte, kann man viele ihrer Eindrücke und Beschwerden besser verstehen. Wird die Abbildung auf eine 24-Stunden-Basis bezogen, ergibt sich unter dem Einfluss von Li eine etwas längere Periode. Vielleicht war im Bunker und in Spitzbergen Anna's starke Beschäftigung mit der Zeit und ihrem Zeitgefühl der Grund für ihren besonderen Frei-

lauf. Hinzu kam in Spitzbergen das ungewöhnlich sonnige Wetter in einer Hütte, die durch ihre Lage und die Anordnung der Bullaugen-artigen Fenster leicht die Sonnenzeit vermitteln konnte. Ähnliches zeigte sich bei den Rudolphs (siehe die Hinweise auf Seite 7.1.3).

Albrecht Gorthner hatte einige Jahre mit seinen Bildern Vorträge in Volkshochschulen gehalten und offenbar so viel Spaß am Reisen gefunden, dass er Reisen in Afrika leitet (vorwiegend wenig besuchte, schwer erreichbare Regionen des südöstlichen Afrika, wie Malawi, Sambia, Tansania, Mosambik, siehe http://www.livingstone-tours.de/impressum.php).

Für uns begann nun die Auswertung der Daten und die Vorbereitung der Veröffentlichungen.

9 Auswertungen in Tübingen und Trondheim

Mit verschiedenen Methoden der Zeitreihen-Analyse wurden die Daten des Li^+*-Experimentes ausgewertet. Dazu gehörten Periodogrammanalyse, Fourieranalyse, komplexe Demodulation. Es zeigte sich, dass bei zwei der vier Gruppen, die* Li^+ *und Placebo erhielten,* $LiCO_3$ *die Periode des Tagesrhythmus von Körpertemperatur, Schlaf-Wach-Rhythmus und Aktivität (Armbewegung) verlängerte, wie es unsere Ausgangshypothese voraussagte. Eine Gruppe zeigte das Phänomen der internen Desynchronisation mit einem etwa doppelt so langen Schlaf-Wach- und Aktivitätsrhythmus verglichen mit dem Rhythmus der Körpertemperatur. Es wird diskutiert, wie* Li^+ *in das circadiane System eingreifen.*

9.1 Chronobiologischer Phasentyp

Wir hatten schon bei den Untersuchungen in Tübingen bzw in Trondheim vor Beginn des Versuches in Spitzbergen einen Fragebogen über den chronobiologischen Phasentyp der Teilnehmer ausfüllen lassen. Er zeigt, ob man eher ein Morgen- oder ein Abendtyp ist oder zum Indifferenztyp gehört. Den gleichen Fragebogen beantworteten die Teilnehmer dann auch zu Beginn und am Ende der Messungen im Dauerlichtversuch[1]. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9.1 zusammengestellt und zeigen keinen großen Unterschied (die Morgentypen -niedrigere Werte- tendieren zu einem höheren Wert, das heißt, ihr Morgentyp ist weniger ausgeprägt. Du kannst diesen Test selbst durchführen und damit deinen eigenen chronobiologischen Phasentyp bestimmen (siehe Unterabschnitt 11.5.8 im Anhang).

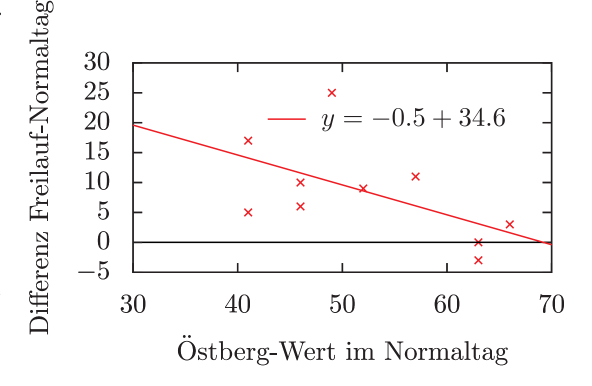


Abbildung 9.1: *Änderungen des Ergebnisses des chronophysiologischen Phasentyps im Freilauf in Spitzbergen verglichen mit den Werten im Normaltag*

In den meisten Fällen erhöhen sich die Werte unter den Freilaufbedingungen, die Personen verschieben also eher ihren Typus zum Morgentyp. Diese Tendenz ist bei den Abendtypen (niedrige Werte) ausgeprägter (siehe Abbildung 9.1).

Die in der Li^+- und Placebo-Zeit von den einzelnen Teilnehmern ausgefüllten Fragebögen unterschieden sich nicht.

[1] Dazu haben wir den Text einiger Fragen etwas verändert, um sie an die Freilaufbedingungen in Spitzbergen anzupassen; siehe Seite 154 im Anhang

Tabelle 9.1: Teilnehmer, Alter, Östbergtest und Schlafdauer

Alter (Jahre), Ergebnisse des Östbergtests (Ö-Test) im 24-Stunden Tag und (hinter /) im Freilauf in Spitzbergen (Unterschied in Klammern), Schlafdauer in Stunden und Zeit des Körpertemperatur-Minimums (BT↓). Höchster möglicher Wert ist 86 (extremer Morgentyp), niedrigster 16 (extremer Abendtyp)

Name	Alter	Ö-Test	Schlafdauer	BT ↓
Gorthner, Albrecht	22	50/74(+24)	7.05 (7.16)	4:40
Schaefer, Ulrich	24	41/46(+5)	6.93 (7.03)	5:35
Klein, Peter	30	63/63(±0)	7.50 (7.63)	4:40
Schneider, Anna-Maria	26	46/56(+10)	8.40 (8.47)	1:05
Rudolph, Angelika	22	46/52(+6)	8.58 (8.65)	5:20
Rudolph , Bernd-Ulrich	19	66/69(+3)	8.02 (8.18)	2:50
Tveito-Ekse, Aud	26	41/58(+17)	7.68 (7.78)	
Ytre-Arne, Olav	24	52/61(+9)	7.73 (7.93)	
Strömme, Inga	23	63/60(-3)	7.32 (7.49)	
Berg, Lars Erik	23	57/68(+11)	7.22 (7.51)	

9.2 Analyse der circadianen Rhythmen

Die Daten wurden nach Rückkehr von Spitzbergen in Tübingen ausgewertet, wobei meine Technische Assistentin, Frau Caspers, und Aud Tveito-Ekse aus Trondheim halfen. Zum Auswerten wurde das Program "Timesdia" von Wolfgang Martin am Botanischen Institut in Bonn verwendet (Martin et al. (1977)). Die größte Arbeit war, die Werte vom Druckerpapier Maschinen-lesbar zu machen.

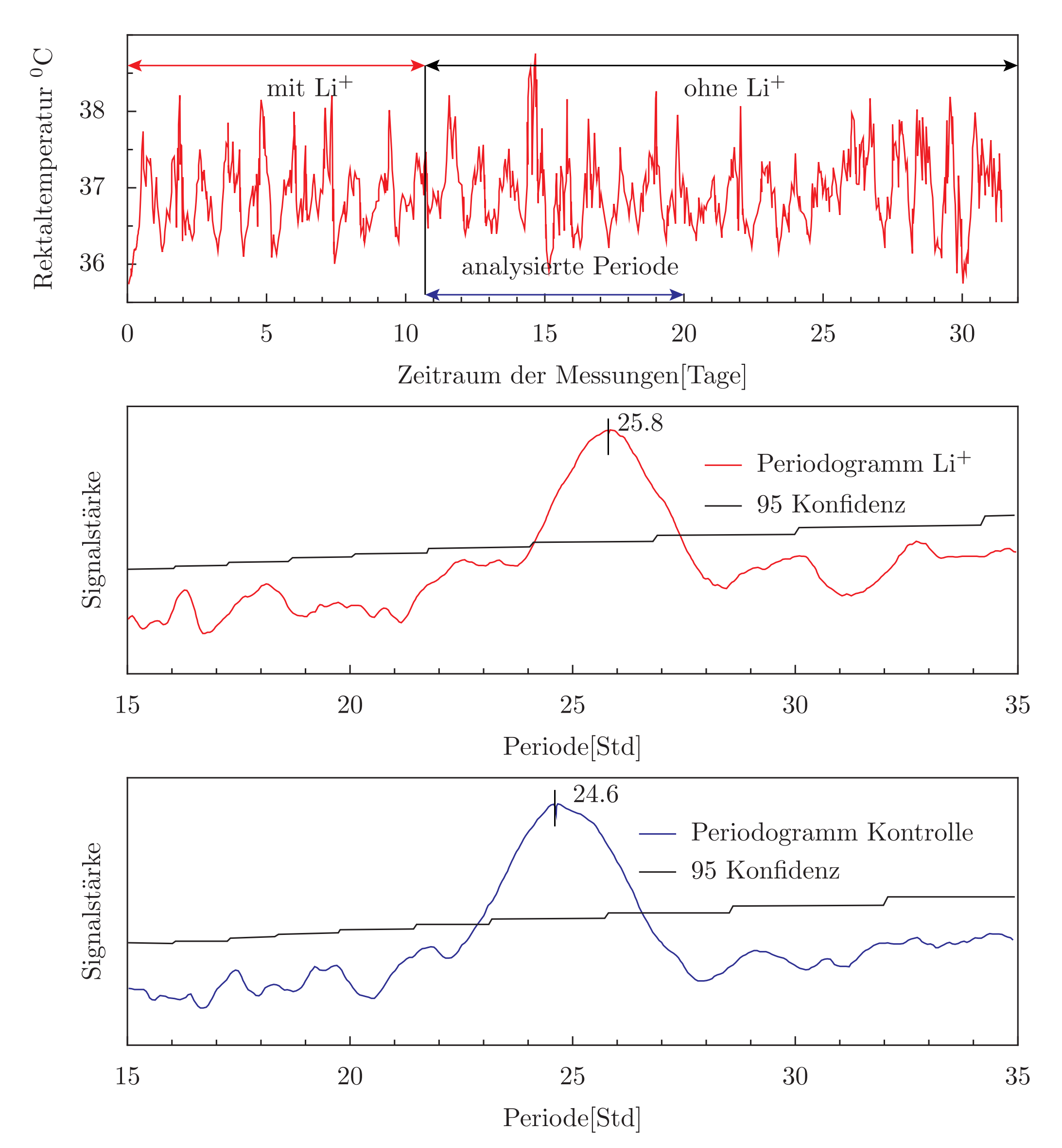
Es wurden zunächst Körper-Temperatur-, Aktivitäts- und Schlaf-Wach-Daten als Zeitdiagramme dargestellt. Dann wurden die Periodenlängen durch Periodogramm-Analyse berechnet (Beispiel: Abbildung **??**).

Die Ergebnisse der Periodogrammanalyse der Temperaturdaten für die verschiedenen Gruppen sind in Abbildung 9.2 und Tabelle 9.2 dargestellt. Von den vier mit Placebo und Li^+ behandelten Gruppen reagierten zwei (NI und GII) auf die Li^+-Behandlung mit Periodenverlängerung, zwei reagierten nicht darauf (NII, GI). Die Gruppen, die von Li^+ zu Placebo wechselten, reagierten direkt mit einer Periodenverkürzung; die Gruppen, die von Placebo auf Li^+ wechselten, reagierten erst nach sieben Tagen mit Li^+ mit verlängerter Periode des Temperatur-Rhythmus.

Ähnliche Resultate lieferten die Analysen der Schlaf-Wachzeiten in den verschiedenen Gruppen. Auch hier reagierten zwei Gruppen auf die Li^+Aufnahme durch Periodenverlängerungen (NI, GII, siehe Abbildung 9.3 aus Johnsson et al. (1980)).

Wir haben auch den Verlauf des Schlaf-Wach-Rhythmus und der Körpertemperatur während der Zeit mit (10 bis 14 Tage) und ohne Li^+Gaben (12 bis 16 Tage) gemittelt (sogenannte Durchschnittstage, Methode in Abbildung 11.5 im Anhang erklärt), siehe Abbildung 9.4). Fourier Analyse wurde benutzt, um die Amplitude und Phase der Harmonischen[2] der

[2] Eine Harmonische ist ein ganzzahliges Vielfaches einer Grundfrequenz. Mit der Fourierana-



Verlauf der Körpertemperatur von A.G *in der Gruppe GII unter* Li^+ *(Tabletten wurde bereits 14 Tage vor Registrierbeginn täglich eingenommen; dann 10 Tage während der Registrierung, roter Doppelpfeil). Danach ohne* Li^+ *bis zum Ende der Registrierung. Periodogrammanalyse für den Zeitraum mit* Li^+*: Rote Kurve, mit eingetragenen 95 % Konfidenz-Stufen. Die Periodogrammanalyse für den in der oberen Kurve eingetragenen blauen Analysezeitraum ist in der unteren Kurve dargestellt, ebenfalls mit 95 % Konfidenzgrenze der Signalstärke. Die Maxima über diesen Linien sind also signifikant. Aus Johnsson et al. (1979)*

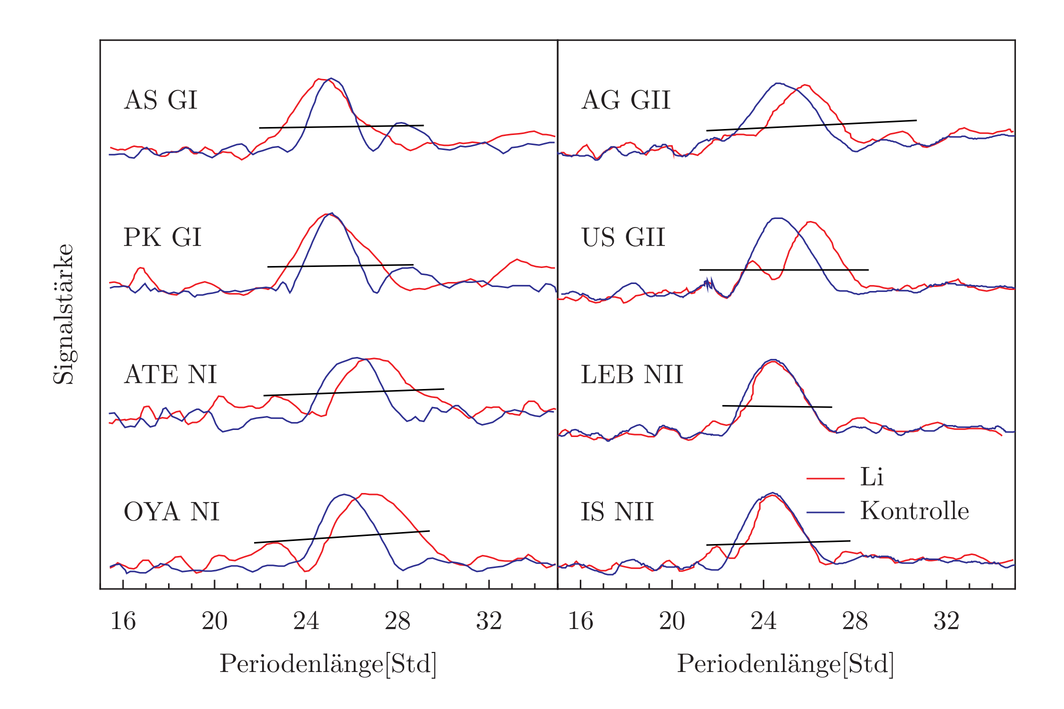


Abbildung 9.2: *Periodogrammanalyse der Körpertemperatur-Rhythmen der deutschen Gruppe GI (A.S., P.K.) und GII (A.G, U.S) und der norwegischen Gruppe NI (A.T.E, O.Y.A) und NII (L.E.B, I.S). Die blauen Kurven sind für die Zeitabschnitte mit Placebo, die roten für die Li^+-Zeiten. Die schrägen Linien zeigen die 95 % Konfidenzgrenze der Signalstärke. Die Maxima über diesen Linien sind also signifikant. Die so ermittelten Freilauf-Perioden sind in Tabelle 9.2 zusammengestellt.*

Gruppe		1.Teil des Experiments		2. Teil des Experiments		
		Behandlung	τ [Std]	Behandlung	τ [Std]	$\Delta\tau$ [Std]
NI	A.T.E	Placebo	26.4	Li^+	27.0	+0.6
	O.Y.A		25.7		27.0	+1.3
NII	L.E.B.	Li^+	24.35	Placebo	24.3	+0.05
	I.S.		24.3		24.2	+0.1
GII	A.G.	Li^+	25.8	Placebo	24.6	+1.2
	U.S.		25.9		24.6	+1.3
GI	A.S.	Placebo	25.2	Li^+	24.8	-0.4
	P.K.		25.1		25.0	-0.1

Tabelle 9.2: *Periodenlängen der Teilnehmer in den verschiedenen Gruppen NI, NII (Norweger) und GI, GII (Deutsche). Sie wurden durch Periodogrammanalyse nach Wittacker/Enright ermittelt (Martin et al. (1977)). Gruppe NI und GII erhielt erst Placebo und dann Li^+, Gruppe NII und GI erst Li^+ und dann Placebo. Nach* Johnsson et al. (1979)

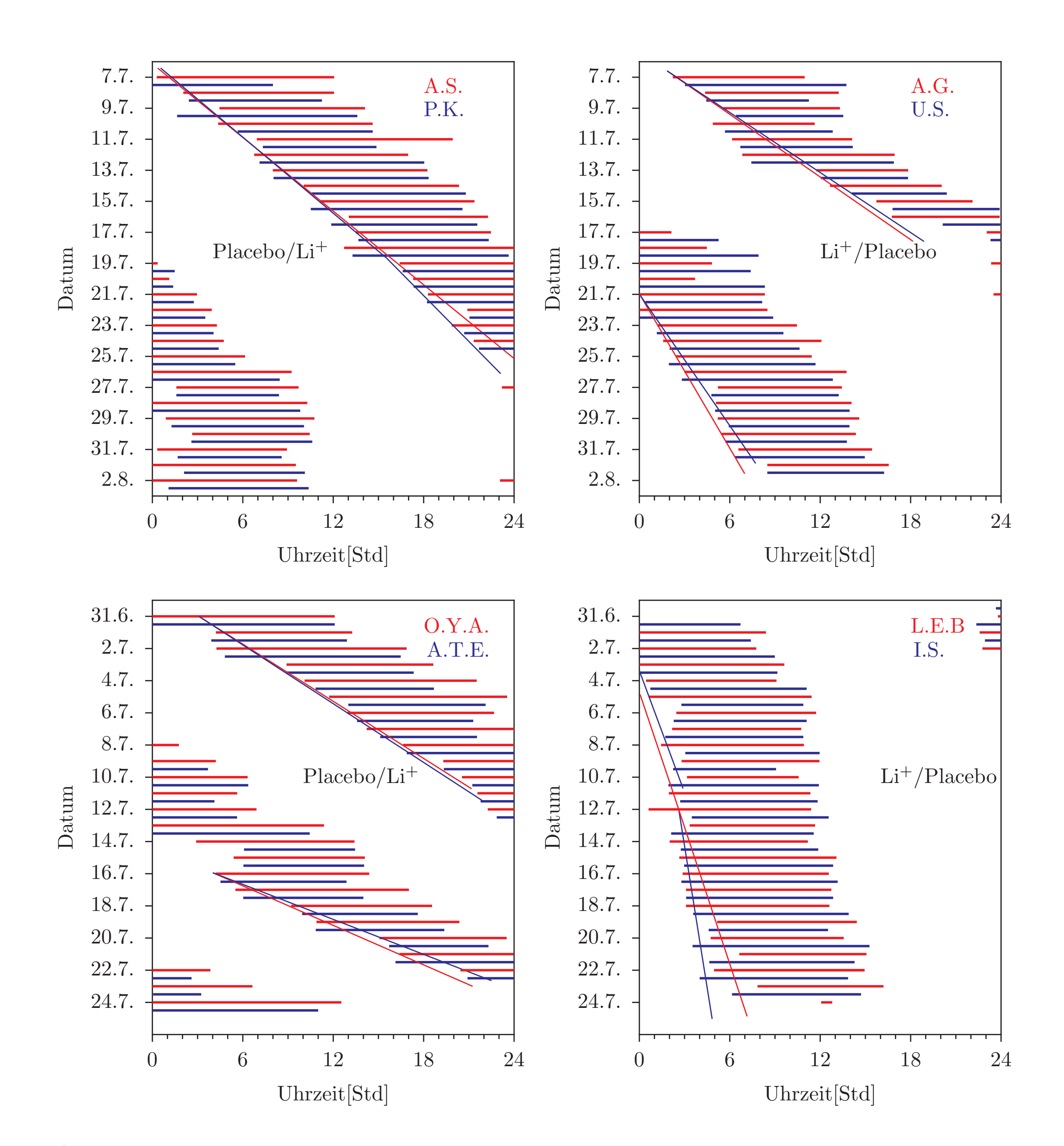


Abbildung 9.3: *Periodogrammanalyse des Schlaf-Wach-Rhythmus der deutschen Gruppe GI (A.S., P.K.) und GII (A.G, U.S) und der norwegischen Gruppe NI (A.T.E, O.Y.A) und NII (L.E.B, I.S). Der Wechsel von Placebo zu Li^+ bzw von Li^+ zu Placebo ist beschriftet. Die blauen und roten Balken sind die Schlafenszeiten der jeweiligen Gruppenmitglieder. Die schrägen Linien sind an die Schlafbeginn-Zeiten während der Li^+- und Placebo-Abschnitte angepasst und ihre Steigungen spiegeln die Periodenlängen wieder (je flacher, umso länger, je steiler, umso kürzer). Nach* Johnsson et al. (1980)

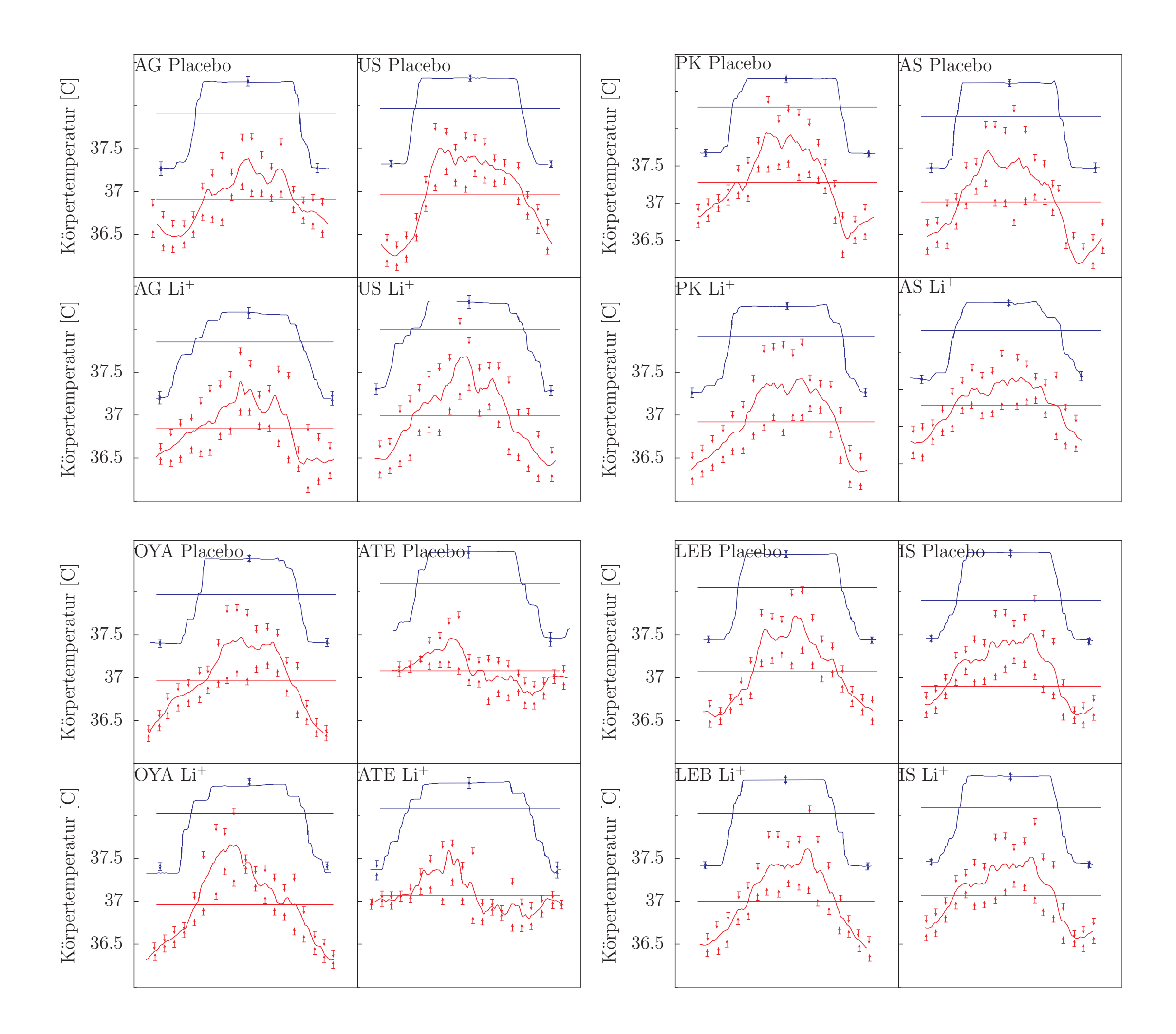


Abbildung 9.4: *Durchschnittstage des Schlaf-Wach-Musters (blaue Kurven) und der Körpertemperatur (rote Kurven) in den Gruppen GII (AG und US links oben), GI (PK und AS, oben rechts), NI (OYA und ATE, unten links) und NII (LEB und IS, unten rechts). Placebo-Zeiten im oberen, Li^+ im unteren Teil. Standardfehler der Werte eingetragen. Nach* Engelmann et al. (1983)

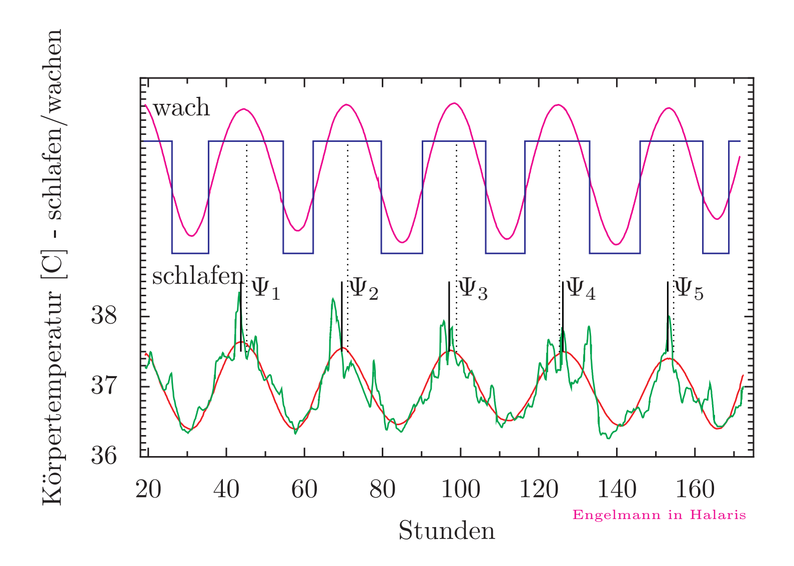


Abbildung 9.6: *Phasenbeziehung zwischen Schlaf-Wach-Rhythmus (blau, erste Harmonische magenta) und Körpertemperatur-Rhythmus (grün, erste Harmonische rot) am Beispiel der Daten von Olav (Gruppe NI). Die Phasenbeziehung zwischen beiden ist* Ψ_n. *Nach Engelmann et al. (1983)*

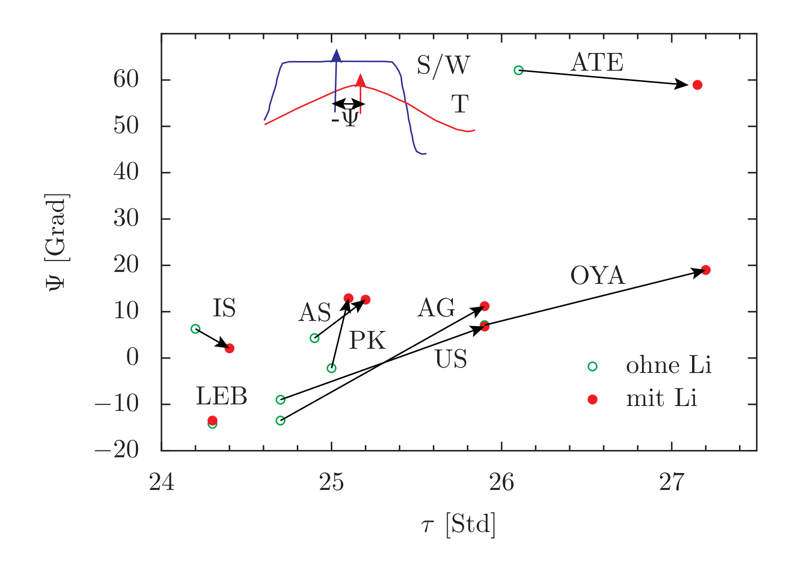


Abbildung 9.7: *Phasenbeziehung* Ψ *(y-Achse) zwischen Schlaf-Wach-Rhythmus und Körpertemperatur-Rhythmus (siehe die erklärende obere Einfügung mit Schlaf-Wach-Rhythmus, blau und Körpertemperatur-Rhythmus, rot) ohne (grüne Punkte) und mit* Li^+ *(rote Punkte). Die Pfeile geben die Änderungen unter* Li^+ *an. Periodenlänge auf der x-Achse aufgetragen. Bei den nicht auf* Li^+ reagierenden Gruppen (NII:IS und LEB, GI:AS und PK) bleiben die Perioden etwa gleich. *Nach Engelmann et al. (1983)*

circadianen Grundfrequenz zu bestimmen. Damit und mit der Methode der komplexen Demodulation[3] (siehe Abbildung 9.5) konnten Änderungen in der Phasenbeziehung der verschiedenen gemessenen Rhythmen (Körpertemperatur, Aktivität und Schlaf-Wach-Zeiten) bestimmt werden (Abbildung 9.6). Die Veränderungen dieser Phasenbeziehungen unter dem Einfluss von Li^+ ist in Abbildung 9.7 dargestellt. Bei den Teilnehmern, die unter Li^+ ihre Periode verlängerten, ändert sich auch die Phasenbeziehung zwischen dem Schlaf-Wach-Rhythmus und dem Körpertempertur-Rhythmus. Das Maximum der Körpertemperatur liegt unter Li^+-Gabe später als unter Placebo. Interessanterweise gilt das auch für die Gruppe GI (AS und PK), deren Rhythmus durch Li^+ nicht verlängert wurde.

Betrachtet man die Kurven in Abbildung 9.4, zeigen sich einige Besonderheiten. Bei ATE und in geringerem Maße bei AG sind die Amplituden während der Placebo- und der Li^+-Gaben relativ gering. Bei ATE läuft der Temperatur-Rhythmus dem Schlaf-Wach-Rhythmus sowohl unter Placebo als auch unter Li^+ voraus, bei OYA nur während der Li^+-Periode. In allen anderen Fällen sind die Maxima der Temperaturrhythmen in der Mitte der Wachzeit.

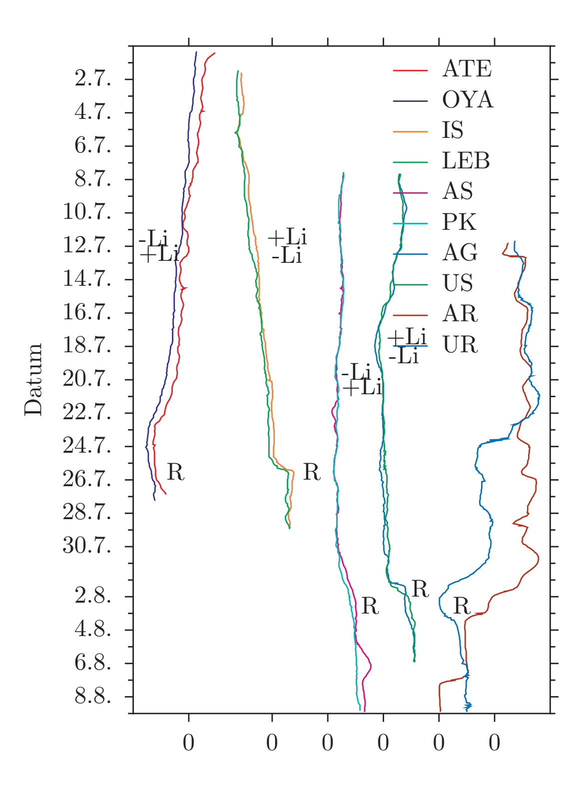


Abbildung 9.5: *Komplexe Demodulation der Körpertemperaturdaten der vier mit Placebo und $LiCO_3$ behandelten Gruppen NI (OYA und ATE, links), NII (LEB und IS, rechts daneben), GI (PK und AS, drittes Kurvenpaar), GII (AG und US viertes Kurvenpaar), und der nur mit Placebo behandelten Gruppe GIII (AR und UR, ganz rechts). 0 auf der x-Achse gibt die Nulllinien der Kurven der einzelnen Gruppen an. Nach Engelmann et al. (1983)*

lyse kann man periodische Signalverläufe in ihr Frequenzspektrum zerlegen. Diese Signale setzen sich neben dem sinusförmigen Signal mit der Grundfrequenz f meistens noch aus weiteren sinusförmigen Signalen mit den Frequenzen 2 f, 3 f, 4 f usw. zusammen. Diese harmonischen Frequenzen stehen untereinander und zur Grundfrequenz in ganzzahligem Verhältnis.

[3] Die Technik der komplexen Demodulation wird verwendet, um eine Zeitreihe mit sich ändernder Periodenlänge zu analysieren. Dabei werden Tiefpassfilter verwendet

Die Durchschnittstemperaturen sind bei fast allen Versuchspersonen während der Placebo- und Li^+-Zeiten sehr ähnlich.

Eine genaue Analyse der Ergebnisse ist jedoch ohne mathematische Methoden schwierig, besonders bei den Temperaturrhythmen, da der zugrundeliegende circadiane Rhythmus von höheren Frequenzen und Rauschen überlagert wird. Deshalb wurden für alle Daten Fourier Analysen durchgeführt. Es gibt keine signifikanten Unterschiede für die Amplituden der vier Harmonischen der Temperatur-Rhythmen, und das gilt auch für die vier Teilnehmer, die auf Li^+ mit Perioden-Verlängerung reagierten (OYA, ATE, AG und US). Die Amplituden der Grundschwingung und der vierten Harmonischen des Schlaf-Wach-Musters sind jedoch während der Li^+-Periode reduziert, und das ist bei den auf Li^+ reagierenden Teilnehmern noch ausgeprägter.

Diese und weitere Analysen deuten auf folgende Wirkungen des Li^+ hin:

- Bei den Respondern (die auf Li^+ reagierten) war die Periode um 5.5 % (7.5 % bei den norwegischen, 3.5 % bei den deutschen Teilnehmern) verlängert.
- Nicht-Reagierende haben vielleicht eine zu niedrige Li^+ Konzentration (das trifft wohl zumindest für LEB in der NII Gruppe zu). Eine andere Nicht-Reagierende, AS von der DI Gruppe, wurde später in einem isolierten Raum getestet und zeigte dort eine Verlangsamung der gemessenen circadianen Rhythmen (siehe Abbildung 11.1).
- Bei allen Versuchsteilnehmern wurde der Schlaf um durchschnittlich 4.9 % verkürzt (6.7 % bei den norwegischen[4], 3 bei den deutschen Teilnehmern). Die Amplituden der ersten[5], vierten und sechsten Harmonischen waren verringert.
- Die mittlere Körpertemperatur zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Li^+- und Placebo-Zeiten (Unterschiede $+0.07\pm0.05$; Responder -0.03 ± 0.27). Auch die Aktivitätsdauer war nicht beeinflusst (Unterschiede $+0.07\pm0.17$; Responder $+0.34\pm0.12$), obwohl die Schlafdauer unter Li^+ verkürzt war (Unterschiede -3.06 ± 1.27; Responder -2.68 ± 0.26).
- Die Phasenbeziehung Ψ zwischen dem Aktivitätsrhythmus und dem Temperaturrhythmus der ersten Harmonischen war mit Li^+ stärker negativ, das Temperaturmaximum lag um eine Stunde später in Bezug auf das Maximum des Aktivitätsrhythmus. Das war zu erwarten, wenn die Periode durch Li^+ verlängert wird. Li^+ wirkt demnach allgemein auf den Aktivitätsrhythmus, indem der Schlaf verkürzt[6] und die Amplitude verringert wird (das könnte daran liegen, dass die Variabilität des Schlafzeitpunktes zunimmt). Nur bei Respondern wird auch die Periode verlängert.

[4] das liegt nicht an der längeren Periode der Norweger!

[5] bis auf die von Lars-Erik; er hatte übrigens die geringste Li^+Konzentration im Blutplasma

[6] Ausnahmen Lars-Erik und Anna

10 Depressionen und circadiane Rhythmen

Was sind Depressionen und welche verschiedenen Arten dieser psychischen Krankheit gibt es? Was sind endogene Depressionen im Kontext der affektiven Krankheiten? Welche Therapien werden angewendet und was sind die Ursachen endogener Depressionen? Gibt es Zusammenhänge mit Störungen des tagesperiodischen Systems?

In Tabelle 10.1 sind die verschiedenen Depressions-Typen zusammengestellt. Nach dem Grad der Erkrankung unterscheidet man leichte, mittelgradige und schwere. Endogene Depressionen treten ohne äußeren Grund auf und können unipolar sein (depressive Phasen) oder bipolar (depressive Phasen wechseln mit manischen Phasen ab). Zu den endogenen Depressionen gehören auch Winterdepressionen oder viel seltener Sommerdepressionen (Seasonal Affective Disorders SAD).

Ursachen von Depressionen können erbliche Veranlagung sein, neurobiologische Gründe haben (zum Beispiel ein Ungleichgewicht von Neurotransmittern) oder sonstige Faktoren (zum Beispiel Schilddrüsenerkrankung). Es gibt im Internet einen Selbsttest (http://www.depressionen-wiki.de/d,selbsttest,43.html).

10.1 Seasonal Affective Disorders (SAD) und Therapien dieser Krankheit

Jahreszeitlich bedingte affektive Krankheiten (SAD) und ihre Therapien, vor allem die Lichttherapie, werden etwas näher besprochen.

Seasonal Affective Disorders (SAD) wurden 1984 von Rosenthal et al. (1984) zum ersten Mal beschrieben. Diese Krankheit ist charakterisiert durch jährlich wiederkehrende depressive Zustände, Müdigkeit, Hypersomnie, Hyperphagie, Hunger nach Kohlenhydrat-haltiger Nahrung, Gewichtszunahme und Verlust der Libido. SAD tritt im Herbst und Winter auf ("Winterdepression") und verschwindet im Sommer (es gibt aber auch eine Form der SAD, die im Sommer auftritt). SAD unterscheidet sich von den klassischen manisch-depressiven Krankheiten (Major depressive Disorder MDD) durch seine geringere Häufigkeit (1-3 % aller Erwachsenen in den gemäßigten Breitengraden), sie ist weniger schwer, die Symptome sind anders und es treten typische jahreszeitliche Schwankungen auf (Magnusson and Boivin (2003)). In den höheren Breitengraden mit ihren stärker ausgeprägten jahreszeitlichen Tageslängen-Unterschieden soll SAD häufiger vorkommen, was aber umstritten ist (pro: Kegel et al. (2009), Rosen et al. (1990), against: Levitt and Boyle (2002), Brancaleoni et al. (2009), Mersch et al. (1999)).

Das circadiane System spielt bei SAD eine Rolle: Die Phasenlage des circadianen Oszillators ist in Bezug auf den Schlaf-Wach-Zyklus verzögert. Nach dieser (Phasen-Verzögerungs-) Hypothese können die Symptome gemildert werden oder verschwinden, wenn das circadiane System (oder ein Teil) verfrüht wird. Das kann zum

Tabelle 10.1: *Verschiedene Formen von Depressionen (D=depression)*

Depression		
endogene	somatogene	psychogene
bipolar unipolar	symptomatisch pharmakogen organisch	neurotisch reaktiv Erschöpfungs-D

Beispiel durch Licht erfolgen (siehe Terman (2007)). Die biochemischen Mechanismen, die dem SAD zugrunde liegen, sind noch nicht bekannt. Man weiß, dass die Melatonin-Sekretion des Pinealorgans und die Serotoninsynthese anormal sind.

Die charakteristischen Symptome einschließlich Hypersomnie und Gewichtszunahme könnten ein genetisches Programm widerspiegeln, bei dem zu Zeiten von Nahrungsknappheit Energieausgaben reduziert werden (evolutionäres Modell von SAD, Davis and Levitan (2005)). Mit die größten Energiekosten verursacht die Reproduktion. Untersuchungen zu den Geburtsraten während der verschiedenen Jahreszeiten zeigen, dass in den gemäßigten Breiten die Symptome von SAD eine Prädisposition zur Konzeption im späten Fühling und frühen Sommer wiederspiegeln. Die Geburt würde dann im späten Winter bis frühen Frühling erfolgen. Davis and Levitan (2005) diskutiert den Anpassungswert und eine Rolle für die natürliche Selektion beim Menschen.

Lam and Levitan (2000) geben eine Übersicht über die Pathophysiologie von SAD und die circadianen, Neurotransmitter- und genetischen Hypothesen. Die verschiedenen Hypothesen sind zum Teil wiedersprüchlich. Möglicherweise können für die Äthiologie und Pathophysiologie der SAD die Untersuchungen zum molekularen Mechanismus der circadianen Uhr und der Lichtübertragung über die Retina in Zukunft weiterhelfen. Zur Neurobiologie und zu chronobiologischen Zusammenhängen siehe Levitan (2007).

Bei der Diagnose von SAD muss darauf geachtet werden, sie von anderen ähnlichen Krankheiten wie subsyndromale SAD und atypische Depressionen zu unterscheiden. Jahreszeitliche Schwankungen der Symptome mit Verschlechterungen im Winter gibt es nämlich auch bei "nicht-saisonalen" Depressionen und bei anderen psychiatrischen Krankheiten. SAD ist wahrscheinlich eine heterogene Krankheitsform, wie unterschiedliche Ergebnisse bei Untersuchungen der circadianen Verhältnisse, der Neurotransmitter-Funktionen und genetischer Bedingungen zeigen. Ein duales Vulnerabilitäts-Modell wurde vorgeschlagen, um die Befunde zu erklären (Westrin and Lam (2007a), Sohn and Lam (2005)).

Zur Therapie wurde eine Behandlung mit Licht benutzt (Gross and Gysin (1996), Wirz-Justice and Graw (2000)), aber auch mit Antidepressiva (Westrin and Lam (2007b), Winkler et al. (2006), Magnusson and Boivin (2003)).

10.2 Circadianes System - Zeiger, Zeitgeber und Mechanismus

Was haben endogene Depressionen mit dem circadianen System des Menschen zu tun? Wir müssen zunächst auf neuere Ergebnisse eingehen, die bei den Untersuchungen circadianer Rhythmen erzielt wurden. Dazu

gehören auch Resultate von molekularbiologischen und genetischen Untersuchungen.

Die Organismen auf der Erde haben sich an die 24 stündige Rotation des Planeten um seine Achse angepasst. Dazu dienen circadiane Uhren, die durch Zeitgeber, vor allem den Tag-Nacht-Wechsel und Temperaturunterschiede, synchronisiert werden. Auf diese Weise können regelmäßige Änderungen in der Umwelt vorausgesehen werden, Aktivitäten und Stoffwechselvorgänge auf biologisch vorteilhafte Zeiten gelegt werden und jahreszeitliche Reaktionen stattfinden. Das Zentrum dieser Uhr ist der (SCN) im Hypothalamus. Die molekularen Mechanismen dieser Tagesuhren sind inzwischen untersucht. Sie beruhen auf selbsterregten Transkriptions/Translations-Rückkopplungskreisen mit einer etwa 24 stündigen Periodenlänge. Ein oder mehrere Uhr-Komponenten sind direkt Licht-empfindlich, wodurch die Uhr auf die Ortszeit synchronisiert werden kann (Edery (2000), Abbildung 10.1).

Es gibt aber auch circadiane Uhren in zahlreichen Organen und Geweben. Sie können von der Hauptuhr im SCN gesteuert werden. Andererseits können aber auch äußere Zeitgeber diese peripheren Uhren direkt steuern.

Als sehr zuverlässiger Zeiger der Uhr im SCN kann Melatonin im Speichel oder im Blutplasma oder Abbauprodukte im Urin verwendet werden. Im rhythmischen Verlauf wird der Beginn der Melatonin-Ausschüttung im schwachen Dauerlicht gern benutzt. Mit Melatonin-Messungen lässt sich auch festzustellen, ob der circadiane Rhythmus auf den Licht-Dunkel-Zyklus synchronisiert ist und ob er normal verläuft oder verfrüht oder verspätet ist. Bei Patienten mit Schlaf- und Gemütskrankheiten wie zum Beispiel SAD werden deshalb Melatonin-Messungen durchgeführt. Auch für die optimale zeitliche Anwendung von Therapien und Medikamenten dienen sie (Pandi-Perumal et al. (2007)).

Um den Mechanismus der Tagesuhren zu entschlüsseln, wurden Mutanten untersucht, deren Uhren sich von denen des Wildtyps unterscheiden, indem sie schneller, langsamer oder überhaupt nicht mehr laufen. Durch molekularbiologische Studien können dann die beteiligten Gene und ihre Interaktionen aufgeklärt werden.

Ein (vereinfachtes) molekulares Modell der circadianen Uhr der Säuger ist in Abbildung 10.1 gezeigt. Es besteht aus mehreren Uhr-Genen, die durch Rückkopplung, Zeitverzögerung und Interaktion mit Transkriptionsfaktoren ihre eigene Expression hemmen und dabei -auch ohne Zeitgeber der Umwelt- einen etwa 24-Stunden-Rhythmus hervorbringen (Reppert and Weaver (2001), Ko and Takahashi (2006)). Licht synchronisiert den Oszillator, indem es von Photorezeptoren absorbiert wird und ein Signal an die Uhr-Gene sendet.

Nach neueren Untersuchungen sind die Verhältnisse komplizierter. Zum einen gibt es mehr Uhr-Gene (cg's), zum anderen ist noch ein weiterer Rückkopplungskreis beteiligt (siehe dazu die Legende in Abbildung 10.1 und Ripperger and Brown (2010)).

Wie stehen endogene Depressionen und das circadiane System miteinander in Beziehung? Abbildung 10.2 soll verschiedene Möglichkeiten illustrieren. Nach der ersten folgt die endogene Depression aus einem gestörten circadianen System. Nach der zweiten ist es genau umgekehrt: Das gestörte circadiane System ist eine Folge der depressiven Erkrankung. Eine weitere Situation wäre, dass sowohl die Depressive Erkrankung als auch das gestörte circadiane System auf einen gemeinsamen (noch

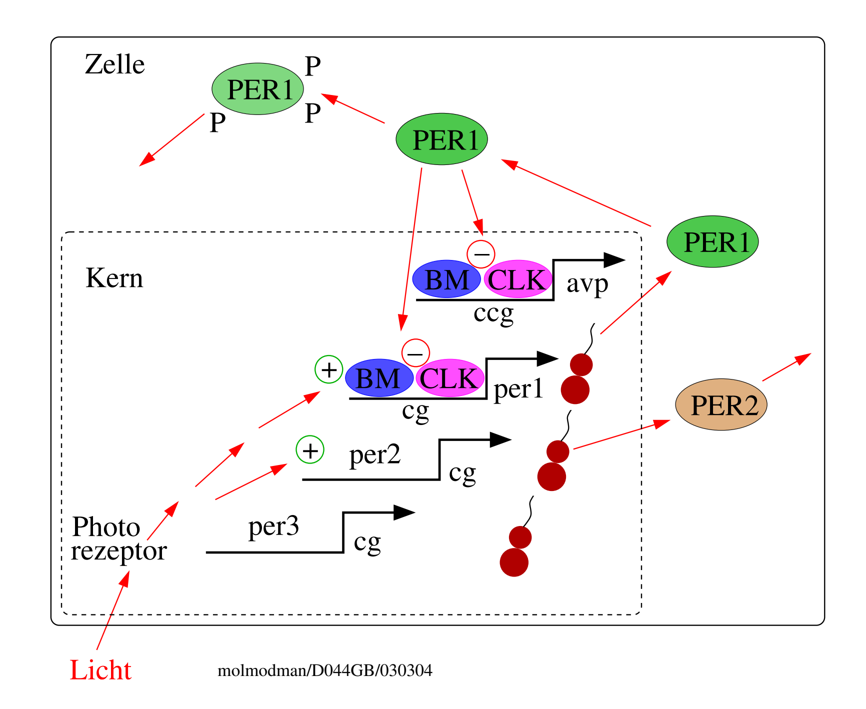


Abbildung 10.1: *Molekulares Modell der circadianen Uhr von Säugern: Uhr-Gene per1, per2 und weitere (nicht gezeigt) hemmen mit Zeit-Verzögerung über die Transkriptionsaktivatoren BMAL (BM) und CLOCK (CLK) (Heterodimere) ihre eigene Expression (per1, per2 und per3 sind Uhr-Gene cg, braun: mRNA).*
Im Detail sieht dieser Rückkopplungskreis so aus: PER gelangt wie CRY (Cryptochrom) nach Translation im Kern ins Cytoplasma, wird dort durch CK1ε und δ und durch GSK3β phosphoryliert (P, hellere grüne Farbe), wodurch das Dimer instabil wird und dissoziiert. Die Teile treten in den Kern ein und binden dort an die E-Box-Sequenz in Promotoren vieler Gene, deren Transkription positiv oder negativ beeinflußt wird. Auch Per und Cry werden durch CLK/BMAL1 gehemmt.
Dazu kommt noch ein zweiter Rückkopplungskreis, in dem CLK/BMAL1 die Transkription von Rev-erbα und Rorα aktiviert (nicht dargestellt).
Licht synchronisiert den Oszillator, indem es von Photorezeptoren absorbiert wird und ein Signal an die Uhr-Gene sendet. Auch die Uhr kontrollierten Gene (ccg = clock controlled genes) wie das avp-Gen, das AVP exprimiert, werden durch PER1 gehemmt. Kern gestrichelter, Zelle durchgezogener Kasten. Nach McClung (2007), dort weitere Literatur

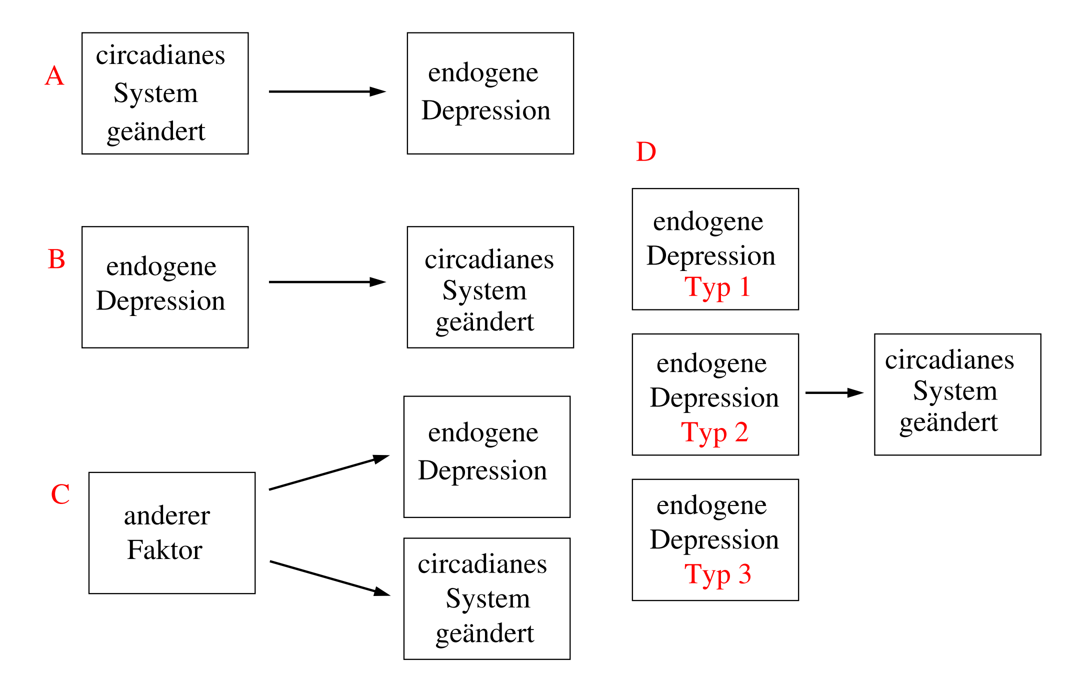


Abbildung 10.2: *Mögliche Beziehungen zwischen endogener Depression und Störungen im circadianen System. A: Ein anormales circadianes System verursacht die Depression. B: Die Depression ist Ursache des geänderten circadianen Systems. C: Ein oder mehrere andere Faktoren sind für die endogene Depression und das geänderte circadiane System verantwortlich. D: Nur eine Untergruppe endogener Depressionen ist für ein geändertes circadianes System verantwortlich*

unbekannten) Faktor zurückzuführen sind. Schließlich muss auch mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass es verschiedene Arten von endogenen Depressionen gibt, von denen nur eine für den geänderten Tagesrhythmus verantwortlich ist (Engelmann (1987)).

10.3 Beeinflussung des circadianen Systems durch Li^+

Es wurde bereits auf Seite 25 auf die Perioden-verlängernde Wirkung von Li^+ auf den Tagesrhythmus einer Reihe von Organismen hingewiesen. Diese Wirkung ist bei folgenden Organismen nachgewiesen:

- Einzeller (*Skeletonema*, Östgaard et al. (1982) und Abbildung 10.3, *Euglena*, Kreuels, persönliche Mitteilung), Pilze (*Neurospora crassa*, unveröffentlichte Beobachtungen von Engelmann, Jolma et al. (2006)), Pflanzen
- Tiere
  - Mollusken
  - Insekten
  - Fische
  - Vögel
  - Nager
  - Affen

Bei höheren Pflanzen wird neben den bereits auf Seite 25 erwähnten Beispielen die tagesperiodische K^+-Aufnahme der Wasserlinse *Lemna* durch Li^+ verlangsamt (Kondo (1984)). Photoperiodische Reaktionen der Blütenbildung werden ebenfalls

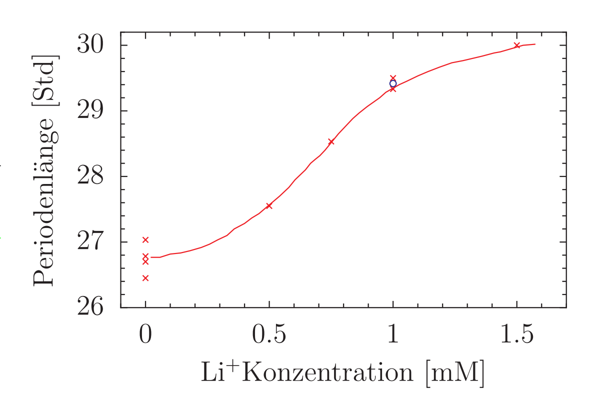


Abbildung 10.3: *Li^+ (LiCl x und $LiNO_3$ o) verlangsamt die Uhr von* Skeletonema costatum *(gehört zu den Kieselalgen oder Diatomeen (Bacillariophyta)). Nach* Östgaard et al. (1982)

durch Li beeinflusst (Langtagpflanze *Lemna gibba* und Kurztagpflanze *Lemna perpusilla*, Kandeler (1970), die Kurztagpflanzen *Pharbitis nil* und *Chenopodium rubrum*, Engelmann et al. (1976)). Das ist interessant, weil die Tageslängen-Messung bei solchen Reaktionen durch die circadiane Uhr erfolgen soll (Bünning (1936)). Bei niederen Tieren wird bei der Meeresschnecke *Aplysia* das circadiane Feuern der Augennerven durch Li^+ verlangsamt (Jacklet (1981), Woolum and Strumwasser (1983)). Die circadiane lokomotorische Aktivität von *Drosophila* wird um 0.4 Stunden verlängert, wenn dem Trinkwasser 1 mM Li^+ zugesetzt wird (Mack (1980)). Die Perioden-verlängernde Wirkung von Li^+ auf die Laufradaktivität von Goldhamstern wurde bereits erwähnt (Seite 25). Allerdings kann diese Wirkung nicht allein auf einer Verlängerung der Periode durch Li^+ beruhen, da der Mitnahmebereich durch Licht-Dunkel-Zyklen größer oder kleiner als 24 Stunden (zum Beispiel 11:11 oder 13:13 Stunden L:D) erweitert wird (Reinhard (1983), Reinhard (1985)). Bei einer alleinigen Pe-

riodenverlängerung würde man erwarten, dass der Mitnahmebereich sich zu längeren Perioden hin verschiebt. Die Erweiterung könnte darauf beruhen, dass durch Li^+ die Photorezeptoren oder der Oszillator empfindlicher auf den LD-Zeitgeber reagieren (was aber experimentell ausgeschlossen wurde, siehe Rauch et al. (1986)), dass die Stärke des Oszillators verringert wird, oder dass sich die Kopplung von Oszillatoren durch Li^+ ändert (Engelmann (1987)).

Unter den Vertebraten wurde bei Goldfischen gezeigt, dass die Periodenlänge der circadianen Schwimmaktivität sich verlängert (Kavaliers (1981)). Möglicherweise wird durch Li^+ die Bedeutung von Umweltreizen abgeschwächt, wodurch Zeitgeber weniger stark wirken (Johnson (1979)). Eine einmalige Gabe von Li^+ verkürzt den Aktivitäts-Ruhe-Zyklus von Kanarienvögeln, wenn sie morgens angeboten wird, hat aber keinen Effekt, wenn sie abends erfolgt (Wahlström (1968)).

Der Fressrhythmus von Ratten wird durch Li^+ verlangsamt (Wirz-Justice (1982)), ebenso der Laufrad-Rhythmus (Kripke et al. (1979)). Li^+ verkürzt die Periodenlänge des lokomotorischen Aktivitätsrhythmus der Fledermaus *Taphozous melanopogon* unter schwachem Dauerlicht von 5 Lux. Je länger die Periode *vor* der Behandlung mit Li^+ war, umso stärker wurde die Periode verkürzt (Subbaraj (1981)). Li^+ verlangsamt also nicht nur den circadianen Rhythmus, sondern kann auch verkürzen. Das zeigte sich auch bei Folge-Untersuchungen mit nur wenigen Versuchstieren an Goldhamstern. Mit größeren Zahlen von Versuchstieren verlängerte Li^+ in 50 % der Fälle, verkürzte in 25 % und hatte in den restlichen 25 % keinen Effekt auf den Laufrad-Rhythmus (Delius et al. (1984)). Spätere Versuche im gleichen Labor ergaben jedoch nur Periodenverlängerungen (Han (1984)). Zusammen zeigen die Ergebnisse, dass Tiere mit langer Periode vor der Li^+ Behandlung einen schnelleren Rhythmus unter Li^+ aufweisen, während Tiere mit kürzerer Periode ihren Rhythmus verlangsamen.

Diese Ergebnisse lassen sich erklären, wenn man von einem System gekoppelter circadianer Oszillatoren ausgeht. Für gekoppelte Oszillatoren spricht, dass sowohl bei Ratten als auch bei Goldhamstern der Laufrad-Rhythmus im schwachen Dauerlicht in zwei Komponenten aufspalten kann. Auch andere Antidepressiva können den Laufrad-Rhythmus von Goldhamstern verlangsamen oder in eine Morgen- und Abend-Komponente mit unterschiedlichen Perioden aufspalten ("splitting"; Chlorgylin und Imipramin, Wirz-Justice and Campbell (1982)). In 24-Stunden-LD-Zyklen verzögern Li^+ und andere Antidepressiva den Laufaktivitätsrhythmus (Wirz-Justice (1982)), den Rhythmus von Prolactin im Plasma, Corticosterole, Parathyroidhormone, Ca^{++} und Mg^{++} (McEachron et al. (1980)), während der Rhythmus von 5-Hydroxytryptamin und Melatonin nicht beeinflusst werden. Das könnte bedeuten, dass Li^+ nur auf einen der Oszillatoren wirkt, während der andere unbeeinflusst ist (McEachron et al. (1983)). Auf diesen Beobachtungen beruhen die Phasen-Verfrühungs-Hypothese und Therapien für endogene Depressionen (siehe Seite 137). Die Ergebnisse können durch Verlängerung der Periodenlängen beider Oszillatoren erklärt werden, durch geänderte Empfindlichkeit auf den synchronisierenden LD Wechsel, oder durch Änderung der Kopplungsstärke der Oszillatoren. Tatsächlich wird die Empfindlichkeit auf den LD-Wechsel durch Li^+ beeinflusst: Um die gleiche Phasenverschiebung durch eine Stunde Licht

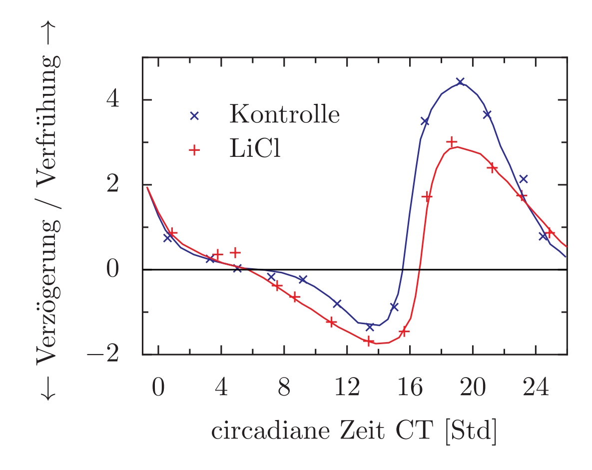


Abbildung 10.4: *Phasenresponsekurve bei Goldhamstern ohne (blau) und mit* Li^+ *(rot) im Trinkwasser (47 mM). Lichtpulse wurden zu verschiedenen Zeiten des circadianen Zyklus gegeben (x-Achse). Circadiane Zeit CT 12 ist Beginn der Aktivität (Hamster sind nachtaktiv!). Periodenlänge auf 24 Stunden normalisiert. Auf der y-Achse sind Verfrühungen (über der Nulllinie) und Verzögerungen (unter der Nulllinie) aufgetragen (in Std). Nach Han (1984)*

bei Kontrolltieren auch bei den mit Li^+ Tieren zu erreichen, muß die Intensität statt 7.5 Lux 75 Lux betragen (unveröffentlichte Ergebnisse von Han 1984). Das gilt aber nur für den Bereich, in dem Licht den Rhythmus verfrüht: Han (1984) verglich Phasen-Response-Kurven auf Lichtpulse von Kontrolltieren und Tieren unter chronischer Li^+-Gabe (Abbildung 10.4). Die Phasenverschiebung durch Lichtpulse ist im verfrühenden Teil der Phasenresponsekurve unter Li^+ geringer, während sie im verzögernden Teil etwas stärker ist. Es ist also nicht so, dass unter Li^+ die Tiere während des gesamten Zyklus weniger stark auf einen Lichtpuls reagieren, sondern nur während der subjektiven Nachtzeit. Welsh and Moore-Ede (1990) wiesen beim Totenkopfäffchen *Saimiri sciureus* (englisch: squirrel monkeys) eine Periodenverlängerung des circadianen Rhythmus der lokomotorischen Aktivität (Bewegung der Sitzstangen, "perch hopping") durch $LiCO_3$ nach. Es wurden dazu acht männliche Tiere verwendet. Ihre lokomotorische Aktivität wurde für mindestens 27 Tage gemessen, indem ihr Hüpfen auf die Käfigstange registriert wurde. Die Li^+-Konzentrationen betrugen zwischen 0.76 $\frac{mE}{l}$ und 2.02 $\frac{mE}{l}$ und entsprechen damit den therapeutischen Dosen bei der Behandlung von bipolaren Depressionen beim Menschen (0.6-1.2 $\frac{mE}{l}$). Die circadianen Perioden waren bei 7 der 8 Äffchen um 0.55 Std gegenüber dem Kontrollzeitraum verlängert. Nach Absetzen des Li^+ gingen sie wieder auf den Ausgangswert zurück. In den meisten Fällen zeigte sich die Periodenänderung bereits wenige Tage nach Beginn der Li^+-Behandlung. Stärke und Muster der lokomotorischen Aktivität und die Amplitude des Rhythmus blieben unverändert. Nahrungsaufnahme war während der Li^+-Behandlung geringer und das Körpergewicht reduziert. Beides normalisierte sich nach der Behandlung. Die Periodenänderung korrellierte mit der Li^+-Dosis (p kleiner als 0.05), aber nicht mit der Nahrungsmenge, dem Körpergewicht und der Ausgangs-Periode. Li^+ verlängert also die circadiane Periode bei Primaten.

Verhalten und Befindlichkeit gesunder Versuchspersonen unter Li^+ wurde unter anderem von Pflug and Engelmann (1987) und Pflug et al. (1980) in Langzeitstudien untersucht. Während der Li^+-Behandlung tauchten zusätzlich zur 24-Stunden-Periode des Körpertemperatur-Rhythmus noch kürzere und längere Perioden auf.

10.4 Endogene Depressionen - Fakten, Hypothesen und Therapien

Hier konzentrieren wir uns auf die endogenen Depressionen, da diese im Zentrum unserer Spitzbergen-Untersuchungen standen und bei ihr die Li^+-Therapie angewendet wurde und wird. Andere Therapien und ihre Erfolge/Misserfolge werden erwähnt, wie zum Beispiel die Verwendung von Antidepressiva oder Schlafentzug.

Wir hatten im vorausgehenden Kapitel jahreszeitlich auftretende Depressionen (SAD) kennengelernt. Jetzt wollen wir uns den nicht-saisonalen Depressionen zuwenden. Im Vergleich zu SAD sind endogene Depressionen sehr viel schwerer. Die Patienten fühlen sich traurig, ohne Hoffnung, sind pessimistisch, fühlen sich schuldig, sind oft auf sich selbst bezogen und vermeiden sozialen Kontakt. Energie, Aktivität und Libido sind verringert, Konzentrationsfähigkeit und Gedächtnis beeinflusst, der Schlaf gestört.

Auch bei ihnen gibt es Zusammenhänge mit circadianen Rhythmen (Germain and Kupfer (2008), McClung (2007)) und der zyklische Verlauf, diurnale Schwankungen der Symptome und ein gestörter Schlaf-Wach- und Körpertemperatur-Rhythmus deuten darauf hin, dass das circadiane System gestört sein könnte und Ursache der Depression ist (Srinivasan et al. (2006)). Schlafstörungen sind bei endogenen Depressionen häufig zu beobachten: 90 % der Depressiven haben Schwierigkeiten, einzuschlafen, durchzuschlafen oder wachen zu früh auf (Germain and Kupfer (2008)).

Ferner wurde beobachtet, dass bei Abendtypen Depressionen häufiger auftreten und stärker verlaufen (Gaspar-Barba et al. (2009)), während Morgentypen stabiler sind (DeYoung et al. (2007)).

Es gibt eine Reihe von Befunden, nach denen das circadiane System bei endogenen Depressionen Besonderheiten aufweist (Germain and Kupfer (2008), Engelmann (1987)). Die folgenden Hypothesen wurden dazu aufgestellt:

1. Phasenverschiebung: Der Tagesrhythmus ist im Verhältnis zu Gesunden verfrüht oder verspätet, was sich auch im SCN zeigt. Zur Therapie können starke Lichtpulse so gegeben werden, dass sich die Lage des Rhythmus wieder normalisiert (Lam et al. (1999), Rosenthal et al. (1990)). Morgen- und Abendlicht verbessert den Zustand (Eastman et al. (1998), wobei Morgenlicht effektiver zu sein scheint (Lewy et al. (1998), Terman and Terman (2005)). Auch ein verfrühter Melatonin-Rhythmus verringert die Depression (Terman and Terman (2005)).

2. Interne Phasenkoinzidenz: Es gibt eine empfindliche Phase des circadianen Rhythmus (Borbély (1982)). Verschiebt man den Rhythmus, verringert sich die Unstimmigkeit zwischen circadianer Phase und Schlafphase (Wehr and Goodwin (1975)).

3. Antidepressiva wie MAO-Hemmer (MAOI) können den Tagesrhythmus verschieben und wirken therapeutisch (Kripke et al. (1983)). Rolipram, ein neuartiges Antidepressivum, verlangsamt den Freilauf-Rhythmus der lokomotorischen Aktivität von Streifenhörnchen im Dauerlicht (Eckhardt et al. (1983)).

4. Kurze REM-Latenz charakterisiert Depressionen. Wird der REM-Schlaf

durch Pharmaka oder durch das Verhalten unterdrückt, verbessert sich die Stimmung (siehe jedoch Argyropoulos and Wilson (2005), Grözinger et al. (2002))

5. Vermehrter REM auf Kosten des *Slow Wave Sleep* (SWS): Nach Borbély (1982) wird dadurch der S-Prozess gestört (siehe jedoch Sharpley (1995))

6. Soziale und damit einhergehende physiologische Rhythmen sind gestört (Ehlers et al. (1988), Frank et al. (1997), Grandin et al. (2006)Grandin et al. (2006))

7. Uhr-Gen-Polymorphismus soll nach neueren Arbeiten (Bunney and Bunney (2000), Benedetti et al. (2003), Serretti et al. (2003), Serretti et al. (2005), Joyce et al. (2005)) zu Depressionen führen

Diese Hypothesen gehen davon aus, dass es sich um einen Oszillator handelt, der das circadiane System steuert. Es gibt aber eine ganze Reihe neuerer Befunde, nach denen das circadiane System aus (zumindest) zwei verschiedenen Oszillatoren besteht. Deren Periodenlängen können sich unterscheiden. Zum Beispiel kann einer der Oszillatoren schneller sein als der andere. Wenn nun ihre Kopplung zu schwach ist, können beide Oszillatoren in ihrem eigenen Takt schwingen. Unter normalen Bedingungen mit 24-Stunden-Zeitgebern der Umwelt (zum Beispiel dem Licht-Dunkel-Wechsel) kann es dann vorkommen, dass zwar einer der beiden Oszillatoren auf den 24-Stunden Tag synchronisiert wird, der andere aber zu schnell ist (beispielsweise mit einer Periodenlänge von nur 21.8 Stunden) und dadurch nicht auf den 24-Stunden Tag synchronisiert wird. Dadurch ergibt sich zumindest zu bestimmten Zeiten eine gestörte Phasenbeziehung, die Ursache für die Depression sein soll (Kripke (1984)). Als Folge wird das Schlafmuster gestört, das Körpertemperatur-Maximum liegt früher. Die Depression tritt ein, wenn das Maximum der Körpertemperatur nach Mitternacht liegt. Manien treten auf, wenn das Maximum nachmittags oder abends liegt. Die Schlafdauer hängt davon ab, in welcher Phase der Schlaf beginnt. Sie ist kurz, wenn der Schlaf im Minimum der Körpertemperatur beginnt. Sie ist lang, wenn er im Maximum beginnt. Bei normalen Menschen sind Depressionen und Schlafmuster-Anomalien induzierbar, wenn sie ab 10 Uhr schlafen müssen.

Endogene Depressionen lassen sich behandeln, wenn die Patienten ihren Schlaf um mehrere Stunden verfrüht beginnen. Körpertemperatur-Rhythmus und Schlaf-Wach-Rhythmus werden dann wieder miteinander synchronisiert. Auch die Krankenberichte vom Flughafen Heathrow in London (Jauhar and Weller (1982)) sprechen dafür[1].

10.5 Therapie endogener Depressionen mit Li^+

Endogene Depressionen werden erfolgreich mit Li^+ behandelt. Es verlangsamt bei verschiedenen Organismen die circadiane Uhr. Später wurde auch bei Affen nachgewie-

[1]Bei Patienten, die vom Flughafen Heathrow zur nächsten psychiatrischen Klinik eingewiesen worden waren, wurde Depression signifikant häufiger bei Flügen von Ost nach West (wodurch der circadiane Rhythmus verzögert wird) als bei solchen von West nach Ost (wodurch der circadiane Rhythmus verfrüht wird) diagnostiziert. Andere Diagnosen wie Schizophrenie zeigten diese Abhängigkeit von der Flugrichtung nicht

sen, dass Li^+ den circadianen Rhythmus verlangsamt (Welsh and Moore-Ede (1990), siehe Seite 126).

Mit Li^+ werden bei bipolaren Depressionen manische Episoden erfolgreich behandelt. Viele Untersuchungen haben aber auch einen antidepressiven Effekt in klinischen Fällen nachgewiesen. Nach Bauer et al. (2003) reagierten etwa 45 % der Patienten auf Li^+ als Zusatz-Medikament bei Depressionen. Keine andere Behandlung ist so erfolgreich. Reine Li^+-Therapie wirkt prophylaktisch bei unipolaren Depressionen (Souza and Goodwin (1991)). Auf Grund dieser vielversprechenden klinischen Daten möchte man gern die Wirkung von Li^+ verstehen und hat dazu ein Nager-Modell der Depression verwendet (O'Donnell and Gould (2007), Abbildung 10.5).

10.6 Neuere Ergebnisse zur Wirkung von Li^+

Zwei Wirkungen von Li^+ werden im Zusammenhang mit der Therapie von endogenen Depressionen diskutiert (Gould and Manji (2005)):

1. Li^+ hemmt Inositolmonophosphatase und ähnliche Enzyme, wodurch die Inositolkonzentration im Gehirn verringert wird. Inositol ist aber für Signalkaskaden nötig.

2. Li^+ hemmt Glykogen-Synthase-Kinase (GSK-3), eine pluripotente Serin/Threonin-Kinase, die Glukogen-Synthase phosphoryliert und damit deaktiviert. Das geschieht in Neuronen und in Gliazellen des Gehirns, und zwar im Zytoplasma, Kern und Mitochondrien. Auch der "Nuclear Faktor aktivierter T-Zellen" (NFAT) wird durch GSK-3 phosphoryliert und damit gehemmt.

Viele Signalwege konvergieren in der GSK-3 und damit in den davon abhängigen biologischen Vorgängen. Zu diesen Signalwegen gehören der Insulin/Insulin-ähnliche Wachstumsfaktor IGF-1, das neurotrophe Faktor Signal, der Wnt-Signalweg und andere. Welche dieser Wege von der Hemmung durch Li^+ betroffen sind, ist unbekannt.

Die hemmende Wirkung des GSK-3 wurde von Klein and Melton (1996) und Stambolic et al. (1996) beschrieben. Li^+ kompetitiert mit Mg^{++} (Gurvich and Klein (2002), Ryves and Harwood (2001)) und Zn^+. Interessanterweise beeinflussen auch Antidepressiva wie Valproat, MAO's und Elektroschock GSK-3.

1. GSK-3 reguliert monoaminerge Signale, die bei Gemütskrankheiten eine Rolle spielen (Rajkowska (2002))

2. schützt Neuronen

3. reguliert den Gehirn-Stoffwechsel

4. beeinflußt circadiane Rhythmen.

Von letzteren ist bekannt, dass sie bei bipolaren Krankheiten gestört sind (Bunney and Bunney (2000), Healy and Waterhouse (1995), Klemfuss (1992), Wehr and Wirz-Justice (1982)). Zum Beispiel ist die Freilaufperiode kürzer als bei Gesunden. Schlafentzug und Li^+ helfen bei BPD (Klemfuss and Kripke (1995)), wobei Li^+ die Periode verlängert. Es wirkt also sowohl auf GSK-3 (hemmend) als auch auf den circadianen Rhythmus (Martinek et al. (2001). Bei bipolar Kranken korreliert ein einzelner Nukleotid-Polymorphismus in der GSK-3b Promotorregion mit dem Beginn

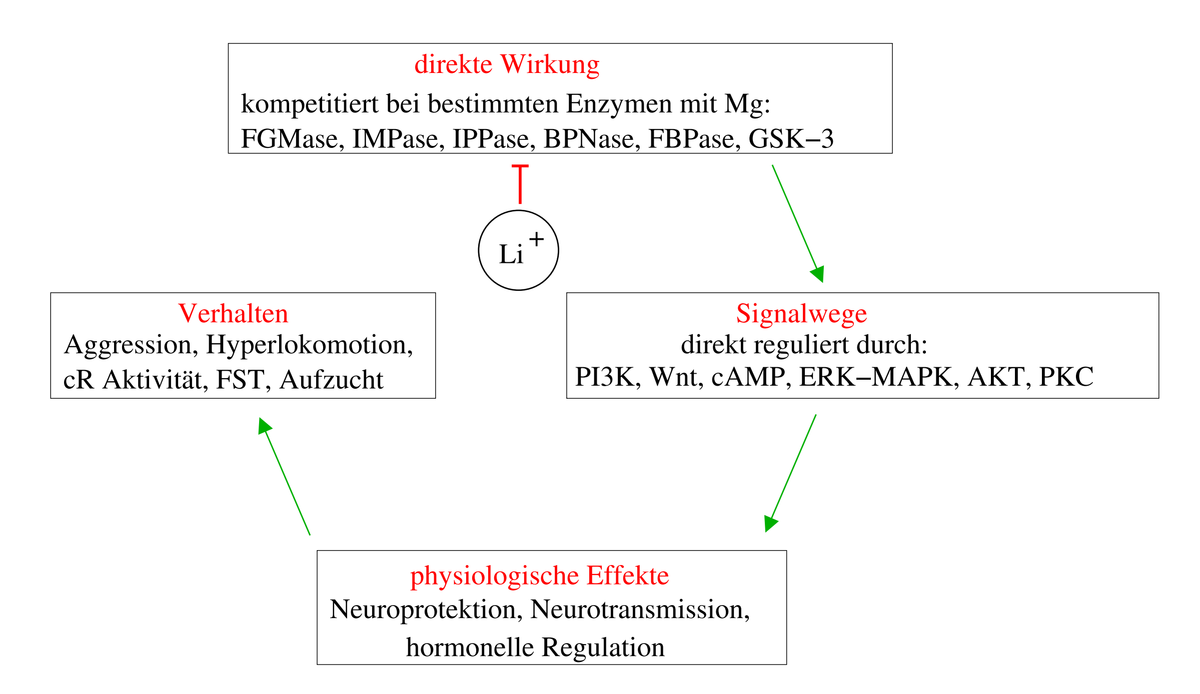


Abbildung 10.5: *Wirkung von Li^+ auf Stoffwechsel, Signalwege, Physiologie und Verhalten bei Nagern. Nach O'Donnell and Gould (2007)*
Abkürzungen: FGM Formononetin-7-O-Glukosyl-6"-Malonat; IMP Inositolmonophosphat; IPP Inositolpolyphosphat 1-Phosphat; BPN Bisphosphat Nukleotid; FBP Fruktose 1,6-Bisphosphat; GSK-3 Glykogen Synthase Kinase-3; cAMP cyclisches AMP; ERK extrazelluläre Signal-regulierende Kinase; Mitogen-aktivierende Protein Kinase (MAPK); AKT aktive menschliche Protein Kinase; PKC Protein Kinase C; cR circadianer Rhythmus; FST forcierter Schwimm-Test.

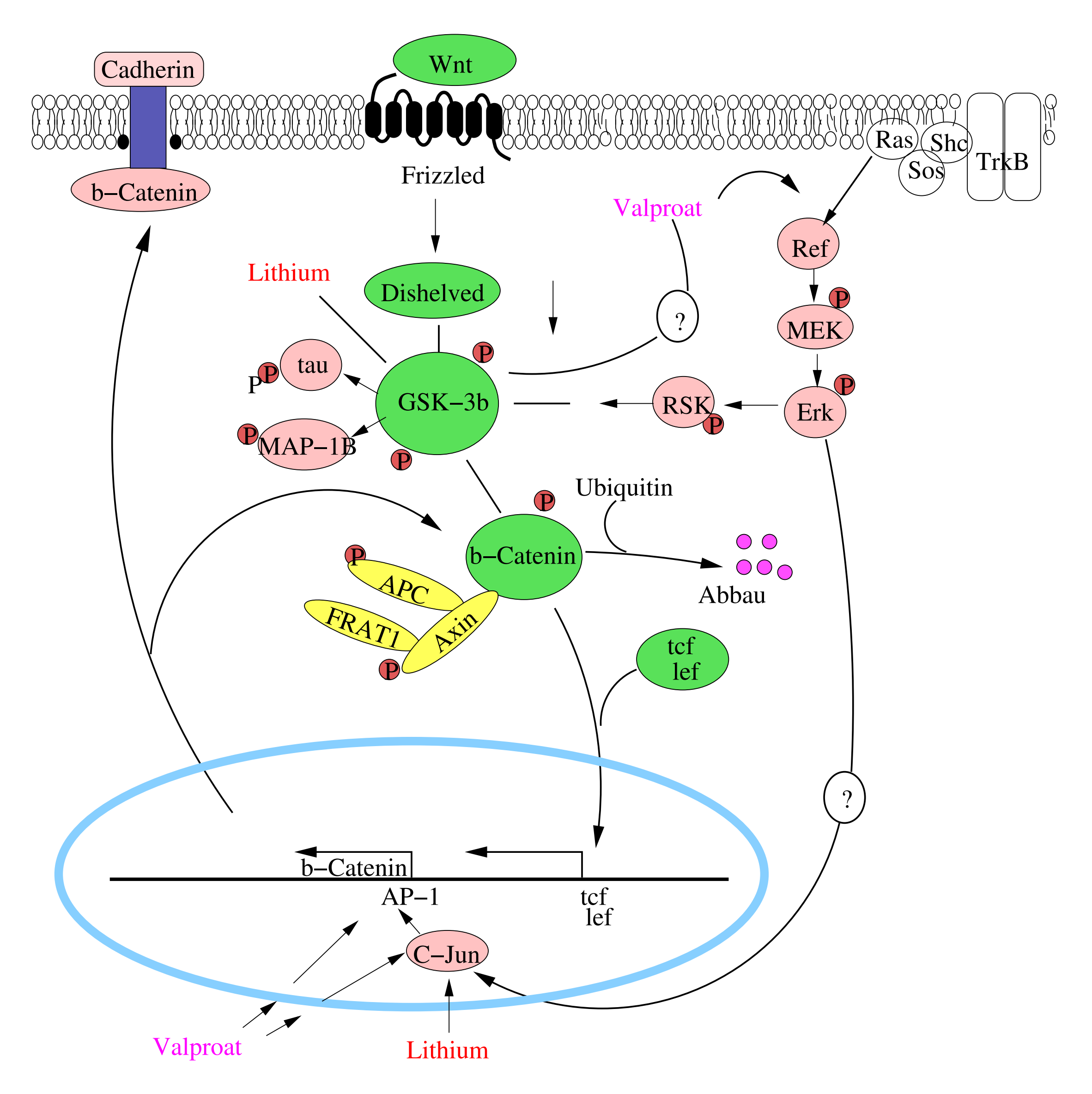


Abbildung 10.7: *Mögliche Li^+- und Valproat-Wirkungen auf Glykogensynthase-Kinase-3β (GSK-3) oder C-Jun. Signale über Wnt Glykoproteine und "frizzled" Rezeptoren aktivieren "disheveled", wodurch GSK-3β gehemmt wird. Phosphorylierung des β-Catenin durch GSK-3β führt zur Degradierung durch Ubiquitin. Intaktes (nicht-phosphoryliertes) β-Catenin bindet an lef/tcf Transkriptionsfaktoren, wodurch die Transkription spezifischer Gene stattfinden kann. Li^+ kompetitiert mit Mg^{++} bei der Hemmung von GSK-3β. Valproat könnte ebenfalls ein Inhibitor der GSK-3β sein. Alternativ könnte es über den Wnt-Signalweg wirken, indem es Histon-Deacetylase hemmt, oder über seinen bekannten Effekt auf c-Jun, über Hoch-Regulierung von β-Catenin-mRNA, oder über den Ras/RSK Weg (Yuan et al. (2001), Phiel and Klein (2001))*

der Krankheit (Benedetti et al. (2004)). Neben Li^+, das die GSK-3b Aktivität in vitro (Ryves and Harwood (2001)) und in Zellkulturen unterdrückt (Stambolic et al. (1996)), hemmt auch Valproat diese Kinase (siehe Abbildung 10.7). Beide Substanzen werden zur Behandlung von bipolaren Depressionen eingesetzt. Wie diese auf das circadiane Verhalten wirken, ist unbekannt. Der therapeutische Effekt des Li^+ könnte mit der Wirkung auf das circadiane System zusammenhängen (Ikonomov and Manji (1999), Manji and Lenox (2000) und Abbildung 10.6).

Um das zu prüfen, benutzten Dokucu et al. (2005) deshalb die Mutante shaggy von *Drosophila melanogaster*, die keine GSK-3 Aktivität zeigt und eine lange Periode besitzt, als Modell für Säuger. *Drosophila* ist genetisch gut untersucht und sein circadianes Verhalten wohl bekannt (Wang and Sehgal (2002)). Auch bei affektiven Krankheiten ist das circadiane Verhalten geändert (Klemfuss (1992), Bunney and Bunney (2000), Leibenluft and Frank (2001)). Da das circadiane Verhalten im Verlauf der Phylogenie zwischen Insekten und Vertebraten stark konserviert blieb, könnten auch Signalwege von Stimmungs-stabilisierenden Substanzen gleich oder ähnlich sein. Tatsächlich konnten Dokucu et al. (2005) zeigen, dass Li^+ auch bei *Drosophila* die Periode der lokomotorischen Aktivität verlängert. Auch Valproat zeigt diesen Effekt (siehe Abbildung 10.8).

Wie Li^+ und Valproat möglicherweise wirkt, ist in Abbildung 10.9 gezeigt.

Hirota et al. (2008) untersuchten 1280 pharmakologisch wirksame Verbindungen mit unterschiedlichsten Strukturen (aus der LOPAC Chemical Library, die viele der gegenwärtig sich auf dem Markt und im klinisch Test befindlichen Substanzen ent-

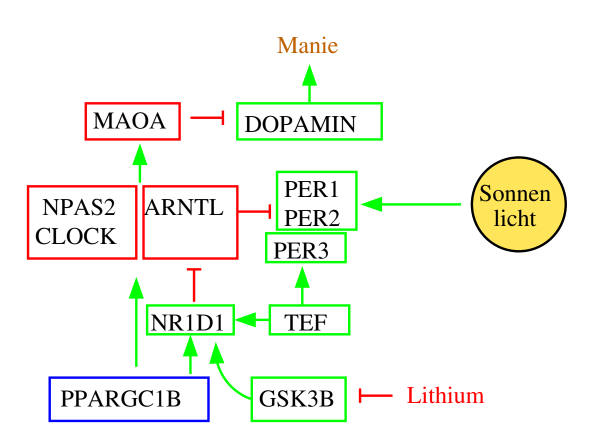


Abbildung 10.6: *Modell der Zusammenhänge zwischen Sonnenlicht, Li^+, circadianen Genen, MAOA (Monoaminoxidase A) und Manie. Grüne Pfeile: Fördern Funktion der beeinflußten Komponenten. Rote Pfade: Hemmen Funktion der beeinflußten Komponenten. Komponenten in den grünen Kästen: Führen zu Manie. Komponenten in den roten Kästen: Unterbinden Manie. Blauer Kasten: PPARGC1B (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 beta) stimuliert sowohl ARNTL (Aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator-like, oder Bmal1 oder Mop3 genannt) als auch NR1D1 (Nuclear Receptor subfamily 1, group D, member 1, oder Rev-erb\alpha genannt), wobei NR1D1 ARNTL hemmt. Positive Rückkopplung der ARNTL-CLOCK und ARNTL-NPAS2 (NPAS2 ist Analog von CLOCK) Heterodimere auf NR1D1, TEF (ein Transkriptionsfaktor), PER1, PER2, und PER3 sowie andere Komponenten und Interaktionen im circadianen System nicht dargestellt. Nach Kripke et al. (2009)*

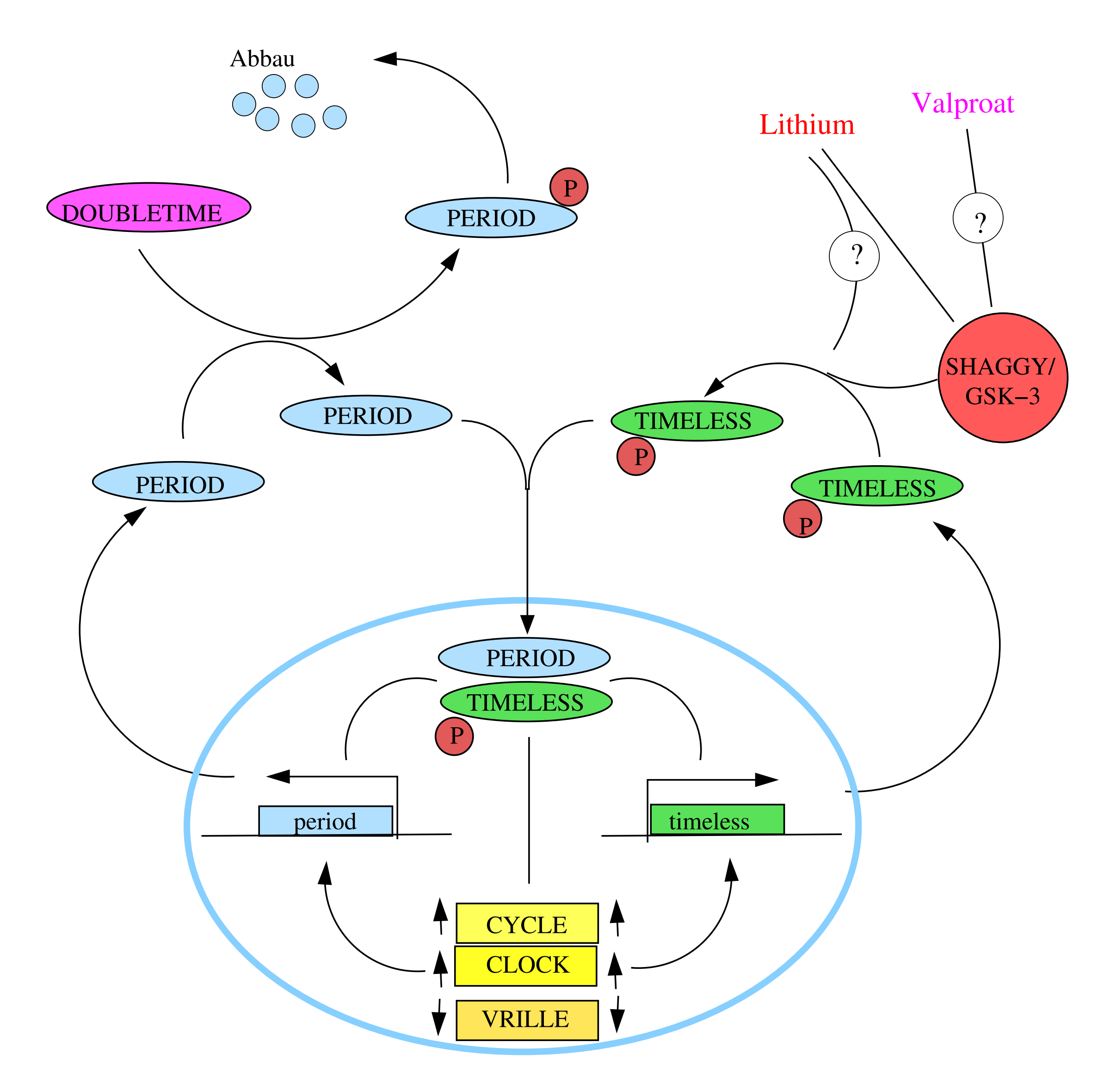


Abbildung 10.9: Die *Perioden-verlängernde Wirkung von Li$^+$ und Valproat bei* Drosophila melanogaster *(Untersuchungen von Gould and Manji (2002))*

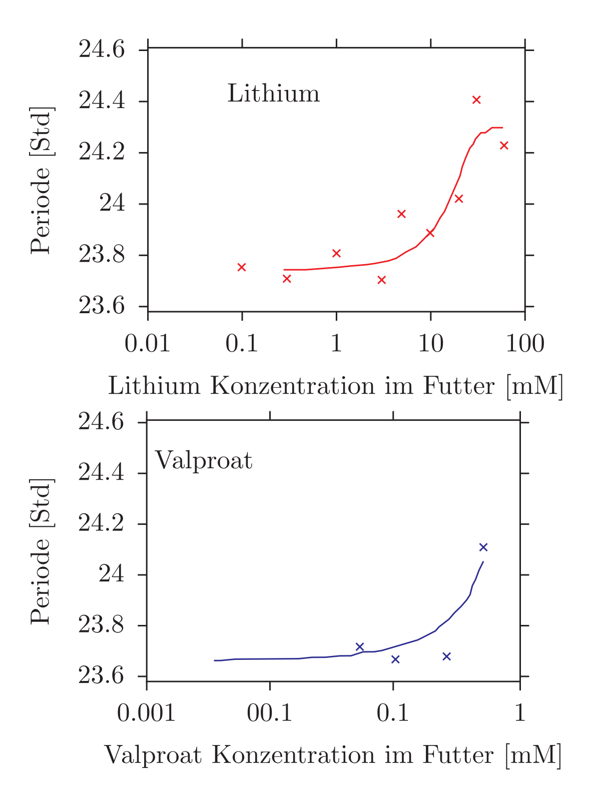


Abbildung 10.8: *Verlängerung der Periode des lokomotorischen Aktivitätsrhythmus von* Drosophila melanogaster *durch dem Futter zugefügtes LiCl (oben) oder Kalium-Valproat (unten)*

hält) auf eine Perioden-verlängernde Wirkung der circadianen Uhr in lumineszierenden Reporterzellen (Reporter: Bmal1-dluc) des Menschen. Das neu entwickelte System zum Durchmustern identifizierte viele der bereits bekannten Substanzen, die Periode oder Phase verändern. Darüberhinaus wurden niedrigmolekulare Hemmer der Glykogensynthase-Kinase 3 (GSK-3) gefunden, die im Gegensatz zu Li^+ die Periode nicht verlängerten, sondern verkürzten. Knockdown der GSK-3 durch siRNA verkürzte ebenfalls die Periode, womit gezeigt ist, dass GSK-3 am circadianen Uhrwerk der Säuger beteiligt ist. Viele der gefundenen Verbindungen sind mit den bereits bekannten Wegen circadianer Funktionen verknüpft, wie Roscovitin, ein CDK-Inhibitor[2], SP600125, ein JNK-Inhibitor[3] und SB 203580, ein Analogon des p38 MAPK-Inhibitors SB 202190, das die Periode in Kulturen von *Aplysia* Augen, Maus-Gewebe und Pinealdrüsen von Kücken verlängert. Periodenverkürzende Substanzen wie Indirubin-3-Oxim und 1-Azakenpaullon hemmen CDK und GSK-3. Roscovitin, das CDK -aber nicht GSK-3- hemmt, verlängerte die Periode. Interessanterweise steht der Perioden-verkürzende Effekt der GSK-3-Hemmer im Gegensatz zu dem verlängernden Effekt von Li^+, das nach Quiroz et al. (2004) über GSK-3-Hemmung wirken soll. Knockdown Experimente durch Transfektion mit GSK-3 siRNA reduzierte den endogenen GSK-3 mRNA Spiegel und *verkürzte* die circadiane Period. Das gleiche wurde auch an primären Fibroblasten von Mäusen gezeigt.

Im Gegensatz zu diesem Befund bei Säugern wird -wie weiter vorn berichtet- die

[2] CDK-Hemmer hemmen die Cyclin-abhängigen Kinasen, die den Zellzyklus der Säuger regeln

[3] Jun N-Terminal Kinase, eine durch Stress aktivierte Proteinkinase

circadiane Periode bei *Drosophila* verlängert, wenn die GSK-3 Aktivität durch genetische Manipulation verringert wird. Hier phosphoryliert GSK-3 das TIM Protein (Martinek et al. (2001)), aber es gibt kein tim-Ortholog bei Säugern. Bei diesen phosphoryliert GSK-3 PER2 (Yin et al. (2006)), wodurch CRY2 abgebaut (Harada et al. (2005)) und Rev-erb stabilisiert wird. Cry2 knockout Mäuse zeigen einen langen, Rev-erb Mäuse einen kurzen Phänotyp (Thresher et al. (1998), van der Horst et al. (1999), Preitner et al. (2002)), was darauf hinweisen könnte, dass die Verkürzung der Periode durch GSK-3 Hemmung durch die Regulation der CRY2 und Rev-erb Proteinkonzentrationen (Stabilisierung von CRY2 und Abbau von Rev-erb) zustandekommt. Obwohl Li^+ die Periode bei zahlreichen Organismen verlängert, ist die Wirkungsweise somit noch unbekannt. Da es neben GSK-3 auch Inositolmonophosphatase und andere Phosphomonoesterasen hemmt (Quiroz et al. (2004)), könnte der Periodenverlängernde Effekt darauf beruhen.

Dafür sprechen Ergebnisse von Williams et al. (2004). Sie haben die Wirkung von Li^+ (und zwei anderen psychotropen Medikamenten, Valproat und Carbamazepin) auf wachsende Neuronen in Kulturen untersucht. Sie bringen Argumente gegen GSK-3 als gemeinsames Ziel-Molekül der Stimmungs-Aufheller. Vielmehr scheinen diese die Inositol-Monophosphatase zu hemmen, sodass es zu einer Inositol-Verarmung kommt (das Enzym ist für die Wiederverwendung und Neusynthese von Inositol zuständig; Abbildung 10.10).

10.7 Besonderheiten Depressiver

Manisch-depressive Patienten, besonders Frauen, sind auf Licht überempfindlich. Auch Depressionen sind unter Frauen häufiger. Vielleicht brauchen Frauen mehr Licht zur Synchronisation des Rhythmus (Kessler (2003)).

Neben diesen Unterschieden gibt es aber auch eine Reihe von biochemischen und physiologischen Besonderheiten. So haben endogen Depressive[4] gegenüber gesunden Menschen niedrigere Konzentrationen der Monoamine Serotonin und Noradrenalin im Gehirn. Die Dichte der Noradrenalin-Rezeptoren im Cortex ist kompensatorisch erhöht. Die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse ist dereguliert, weil durch erhöhten Stress (genetische Disposition, Probleme in der Kindheit) mehr CRF ausgeschüttet wird. Als Folge davon wird mehr Cortison ("Kampf-Flucht-Hormon") gebildet (Nemeroff (1998)).

Die Suizidrate von Personen mit bipolarer und "major depressive disorders" ist höher als in der Bevölkerung. Es ist aber schwierig, die spezifischen Faktoren zu finden, die zu diesem erhöhten Selbstmord-Risiko führen, da Drogen- und Alkoholmissbrauch, Suizid in der Familie, Unterschiede in der Verteilung von Allelen, comorbide Angst, Häufigkeit der Depression, jahreszeitliche Effekte, Krankenhausgeschichte und andere Dinge beitragen. Nach den vorliegenden Untersuchungen scheint

[4] 5-12 % der Männer und 10-20 % der Frauen in den USA hatten mindestens einmal im Leben eine schwere depressive Episode, die Hälfte dieser Menschen mehr als einmal. 30 800 Personen nehmen sich jedes Jahr in den USA das Leben. Die Kosten beliefen sich 1992 auf 43 Milliarden Dollar.

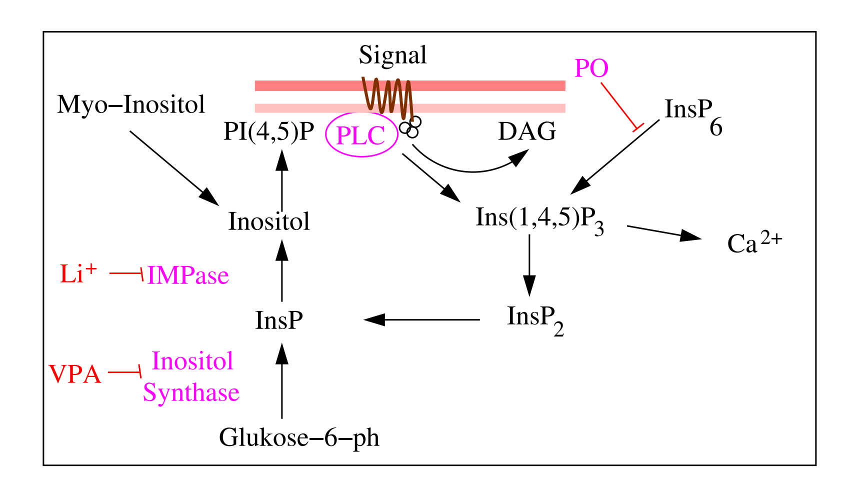


Abbildung 10.10: *Nach Williams et al. (2004) beeinflussen Li^+ und Valproat die Inositolphosphat-Signaltransduktion. Myo-Inositol ist das begrenzende Enzym des Phosphatidylinositol-Bisphosphats, PIP2 (hier als PI(4,5)P_2 gezeigt). Wird die Zelle durch ein Signal stimuliert, wird dieses Membranlipid durch die Phospholipase C (PLC) hydrolysiert und lösliches Ins(1,4,5)P_3 gebildet. Es setzt aus intrazellulären Speichern Ca^{2+} frei. Dieses wird anschließend dephosphoryliert. Inositolmonophosphatase (IMPase), die den letzten Dephosphorylierungsschritt katalysiert, ist Li^+-empfindlich. Inositol wird durch Inositolsynthase aus Glukose 6-phosphat isomerisiert. Die Aktivität dieses Enzyms wird durch Valproat (VPA) gehemmt. Da beide Substanzen, Li^+ und VPA, Myoinositol verarmen, kann ihre Wirkung durch von außen zugefügtes Myoinositol unterbunden werden. Myoinositol kann auch durch Dephosphorylierung höherer Inositolphosphate ($InsP_6$) entstehen. Dieser Schritt wird durch PO (Prolyl-Oligopeptidase) negativ reguliert, wodurch die Inositol-Verarmung durch Inhibitoren dieses Enzym unterbunden werden kann*

Li^+ das Suizid-Verhalten von Patienten mit affektiven Krankheiten zu unterdrücken (Dunner (2004)).

Weitere Literatur:Downes and Liddle (2008), Fieve (1999).

10.8 Nichtinvasive Therapien wie Schlafentzug

Gegen endogene Depressionen wurden eine Reihe nichtinvasiver Therapien vorgeschlagen und angewendet. Dazu gehören Schlafentzug, Starklicht-Exposition und Vorverlegen der Schlafzeit. Eine Kombination dieser Methoden wirkt bei 40 bis 60 % der Patienten rascher (innerhalb von ein bis zwei Tagen) und nachhaltiger als reine Medikation (zwei bis acht Wochen, Wu et al. (2009), Abbildung 10.11). Schlafentzug ist die am besten dokumentierte chronotherapeutische Methode (bei über 1700 Patienten in über 60 Untersuchungen dokumentiert (Wu and Bunney (1990), Benedetti et al. (2007)). Die Vorzüge dieser Methode ist in Übersichtsartikeln zusammengefasst (Machado-Vieira et al. (2008), Wirz-Justice et al. (2005), Riemann et al. (2002)). Sowohl totaler als auch partieller Schlafentzug wirken nachhaltig und sofort in 60 % aller diagnostizierten Untergruppen affektiver Krankheiten. Die Wirkung kann durch zusätzliche Gabe von Li^+, Pindolol, serotonerge Antidepressiva, Starklicht oder anschließende Behandlung mit Phasenverfrühung (siehe nächster Abschnitt) verstärkt werden (Wirz-Justice and den Hoofdakker (1999)). Die unmitelbare und die nachhaltige Wirkung können mit einem "Zweiprozess-Modell der Gemütsregulation" beschrieben werden, das auf einem Modell der Schlafregulation beruht, nämlich dem Zusammenwirken circadianer und homöostatischer Prozesse (Borbély and Achermann (1999)). Die therapeutische Wirkung des Schlafentzugs kann damit erklärt werden. Das Modell stimmt auch mit der serotonergen Rezeptor-Hypothese des Schlafentzugs überein.

Neuere Untersuchungen in Europa lassen vermuten, dass Phasenverfrühung des Schlafes die gleiche Wirkung haben kann wie totaler Schlafentzug mit und ohne gleichzeitiger Behandlung mit Antidepressiva. Li^+ Behandlung verstärkt nachhaltig die Wirkung wiederholten Schlafentzugs (Benedetti et al. (2001)). Nach dem internen Koinzidenzmodell könnte das an der Perioden-verlängernden Wirkung des Li^+ liegen, wodurch die biologischen Rhythmen besser mit dem Schlaf-Wach-Zyklus synchronisiert werden.

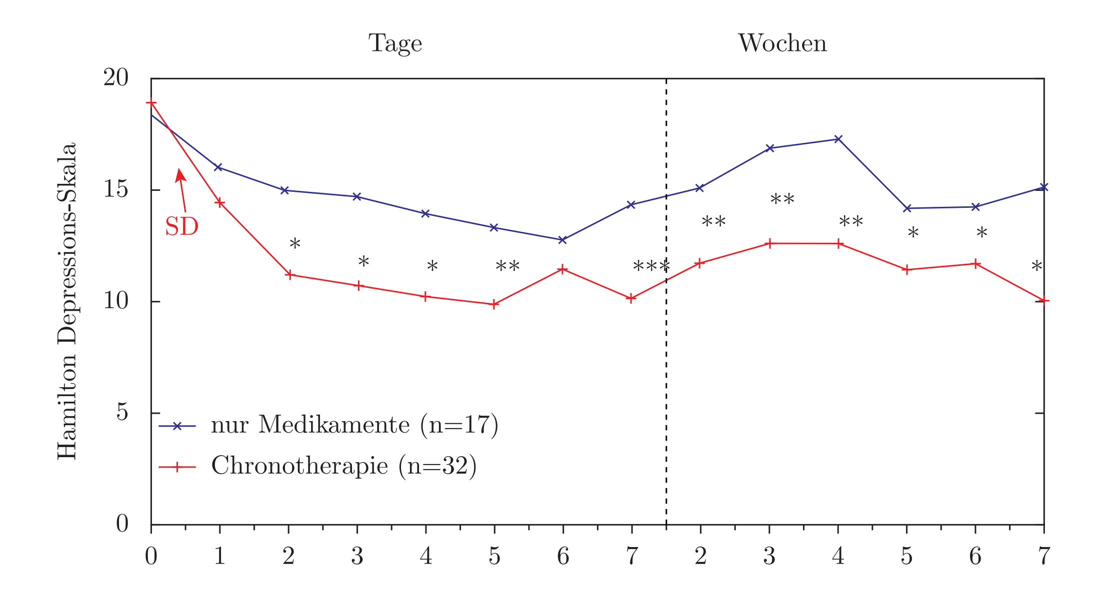


Abbildung 10.11: *Chronotherapeutische Behandlung (rote Kurve, Schlafentzug SD, Starklicht-Exposition und Vorverlegen der Schlafzeit) reduziert Depressionen signifikant (*p=0.05; **p=0.01; ***p=0.001), rasch (innerhalb von ein bis zwei Tagen) und nachhaltig, während Behandlung nur mit Medikamenten (blaue Kurve) weniger gut wirkt. Vor der senkrechten Linie Tage, danach Wochen. y-Achse ist 19-teilige Hamilton Skala zur Beurteilung der Depressionsstärke. Nach Wu et al. (2009)*

11 Anhang

11.1 Danksagungen

Dieses Buch ist Anders Johnsson gewidmet, der die Idee hatte, die Wirkung von Li^+ auf die Tagesuhr des Menschen in Spitzbergen zu testen. Ohne ihn wäre diese Untersuchung nie realisiert worden. Er hatte Kontakte zu wichtigen Personen und Stellen, besorgte Gelder und arrangierte die Reisen. Waldemar Himer, Diplombiologe aus Tübingen, sorgte dafür, dass die technische Seite des Projektes funktionierte, von der Planung und Konstruktion der Messgeräte bis zur Durchführung der Messungen, und er bewerkstelligte den Transport der Teilnehmer zu den Hütten und deren Versorgung mit Lebensmitteln. Burkhard Pflug war als begleitender Arzt für die medizinische Betreuung der Teilnehmer zuständig und leitete auch die Voruntersuchungen in Tübingen[1].

Bei einem Unternehmen wie unserem Spitzbergen-Projekt war viel Hilfe nötig. Für finanzielle Hilfe ist der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Norwegischen Polarinstitut[2] zu danken.

Ganz besonderer Dank gebührt den norwegischen und deutschen Teilnehmern des Projektes, Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler (für das Vorexperiment), Aud-Tweito Ekse, Olaf Ytre-Arne, Inga Strömme, Lars Erik Berg, Albrecht Gorthner, Ulrich Schäfer, Peter Klein, Anna Schneider, Angelika und Bernd-Ulrich Rudolph. Den Teilnehmern danke ich auch für die Erlaubnis, einige ihrer Bilder für dieses Buch zu benutzen.

Anders Johnsson's Frau, Dr. Margareta Johnsson vom St. Olav Universitäts-Krankenhaus Trondheim und Ärzte der Nervenklinik an der Universität Tübingen übernahmen die Voruntersuchungen der Teilnehmer, die Einstellungen auf die Li^+-Werte und die Auswertungen der Blutproben von Spitzbergen. Die Firma Smith Kline Dauelsberg in Göttingen lieferte kostenlos die Li^+-Tabletten und Placebo Packungen.

Folgende Personen von der Universität Trondheim gaben uns Informationen über Svalbard und leisteten Hilfe in Longyearbyen und Ny Ålesund: Professor Rønning, Botanisches Institut, ferner Mitglieder des UNESCO-Projektes "Man and Biosphere"[3] aus Trondheim. Harald Celius begrüßte uns bei unserer Ankunft in Longyearbyen, begleitete uns auf der abenteuerlichen Skitour zur Geopol-Hütte, unterwies uns im Schießen, und war mehr als einmal ein rettender Engel in schwierigen Situationen.

[1] siehe Kapitel 11.2

[2] Norwegens Hauptinstitution zur Erforschung, Beobachtung und Kartierung der Polarregionen mit etwa 110 Beschäftigten in Instituten in Tromsø, Svalbard und dem Dronning Maud Land. Sie geht bis 1906 zurück, als die ersten wissenschaftlichen Expeditionen nach Svalbard stattfanden. Seit 1979 dem Umwelt-Ministerium untergeordnet. Gibt auch öffentliche Berichte heraus, unter denen die "Polar Handbooks" besonders verbreitet sind. Unterhält eine Bibliothek mit einer großen Sammlung wissenschaftlicher und historischer Literatur bis zurück ins 16. Jahrhundert

[3] Das "Man and the Biosphere Program" (MAB) wurde 1970 nach einer UNESCO Biosphären Konferenz 1968 initiiert.

Dem Sysselman von Svalbard in Longyearbyen, Jan S. Grøndahl, haben wir zu danken, dass er unsere Untersuchungen in Ny Ålesund wohlwollend unterstützte. Der Kapitän und die Besatzung der Polarstar half in widrigen Umständen, unsere Lebensmittel und Ausrüstungsgegenstände nach Ny Ålesund zu bringen und uns an der Kvadehuk-Küste auszusetzen, um von dort die Teilnehmer in ihre Hütten zu bringen. Der Pilot der Cessna brachte uns sicher von Longyearbyen nach Ny Ålesund und wir konnten während des Fluges interessante Fotos der Landschaft machen.

Dem Leiter der Forschungsstation in Ny Ålesund, Kristian Sneltvedt, verdanken wir wertvolle Vorinformationen, Unterstützung und Hilfe bei den unerwarteten Schwierigkeiten, indem er uns mit Notrationen von Lebensmitteln, mit Skiern und Gewehren versorgten, und uns Unterkunft und Verpflegung an der Forschungsstation gab. Ingvar Brattbakk vom Botanischen Institut in Trondheim unterstützte uns sehr.

Bjarne Nordnes stellte mir freundlicherweise die Aufzeichnungen seiner Schlafenszeiten zur Verfügung, als er den Winter im Norden von Svalbard verbrachte.

Das Forstamt in Bebenhausen bei Tübingen lieh uns für die beiden Teilnehmer der Voruntersuchung 1978 zwei Gewehre.

Bei den Auswertungen der Daten verwendeten wir das Zeitreihen-Analyse-Paket "Timesdia", das von Wolfgang Martin, Botanisches Insitut Bonn, entwickelt wurde. Er half auch bei Fragen und Problemen. Das Zentrum für Datenverarbeitung war bei der praktischen Durchführung der Analysen behilflich. Die Eingabe der Daten aus den Ausdrucken der Messgeräte und die verschiedenen Analysen und grafischen Aufarbeitungen erfolgte durch meine technische Assistentin, Frau Caspers, und durch Aud-Tweito Ekse, Trondheim.

11.2 Lebenslauf von Burkhard Pflug

Burkhard Pflug wurde am 10. Februar 1939 in Frankenstein geboren. Sein Vater war Pfarrer. Nach der Flucht aus Schlesien nach Bleicherode im Südharz ging er dort in die Schule, lernte Klavier, Orgel, Horn, Cello, Cembalo und Posaune, sang im Kirchenchor und hätte gern Musik studiert. Nach dem Abitur 1957 ging er nach Berlin, wo sein Vater inzwischen eine Pfarrstelle übernommen hatte. Er studierte in Westberlin an der Freien Universität Medizin. Seinen Lebensunterhalt verdiente er sich durch Orgelspiel in Kirchen.

Nach dem Physikum ging er nach Göttingen und war Famulus in Bad Harzburg. Dort heiratete er Susanne geborene Fendesack. Sie bekamen fünf Kinder. Er war Internist und ging 1968 als Psychiater an die Nervenklinik in Tübingen. In dieser Zeit beschäftigte er sich intensiv mit endogenen Depressionen.

1982 erhielt er einen Ruf als Leiter der Psychiatrischen Klinik II an der Universität Frankfurt. Er wurde dort im März 2004 pensioniert, arbeitete danach aber als Psychiater privat weiter. Am 4. März 2009 war seine Lebensuhr abgelaufen (siehe Abbildung 11.2). Für mich lebt er weiter.



Burkhard Pflug wirft symbolisch seine Armbanduhr ins Meer, als wir mit der Polarstar zum Strand von Kvadehuk gebracht werden, um von dort die Gruppen der deutschen Studenten zu ihren Hütten zu bringen: Ab jetzt gibt die innere Uhr die Zeit vor

11.3 Anna's Li^+-Experiment in Erling-Andechs

Anna und Peter wurde nach dem Spitzbergen-Experiment vom Max Planck Institut für Verhaltensphysiologie in Erling-Andechs angeboten, für einige Wochen ihre Tagesrhythmen mit und ohne Li^+ registrieren zu lassen. Anna gab mir ihr Tagebuch zu lesen und einiges, was für ihr Zeitempfinden und ihre Befindlichkeit während ihrer Zeit im Bunker relevant ist, kann in einem detaillierteren Buch nachgelesen werden, das von Engelmann erhalten werden kann. Abbildung (11.1) zeigt Anna's Schlaf-Wach-Verhalten und die Maxima und Minima ihrer Körpertemperatur während dieser Zeit. Die Daten der Schlaf-Wach- und Temperaturmaximum/minimum-Kurven in Abbildung 11.1 stammen aus einer Skizze von Anna, die sie von Dr. Wever vom Max Planck-Institut für Verhaltensphysiologie erhielt (Versuchsperson 242). Ich habe sie neu aufgezeichnet in einem 24-Stunden-Raster. Passt man an die Körpertemperatur-Minima Geraden an, ergeben sich Periodenlängen von 25.18 Stunden und 24.11 Stunden für die Li^+-bzw Placebo-Zeiten. Es fällt auf, dass die Schlafzeiten vor allem in der Zeit der Li^+ Behandlung kurz sind und an den meisten subjektiven Tagen zwei Schlafperioden zu finden sind. Das gleiche gilt für den ersten Teil der Placebo-Zeit (wobei daran zu erinnern ist, dass es einige Zeit dauert, bis alles Li^+ aus dem Körper ausgeschieden ist).

In diesem Zusammenhang ist es interessant, die Tagebuchnotizen von Anna mit den Daten zu vergleichen. Für Anna war ja die Zeit im Bunker schneller vergangen, da sie die kurzen Schlafzeiten als jeweils zu einem Tag gehörig empfand, sodass sie dann hocherstaunt war, als sie merkte, dass ihre Zeit im Bunker noch nicht abgelaufen war. Möglicherweise sind auch einige Beschwerden, über die sie klagte, auf diese kurzen Nächte und subjektiven Tage zurückzuführen.

Interessant ist auch, dass die Spitzbergen-Daten bei ihr (und bei Peter) keine Periodenverlängerung zeigten, während sie im Bunker unter Li^+ einen längeren Rhythmus hatte. Aus ihren

Spitzbergen-Aufzeichnungen geht hervor, dass sie in der Tyskerhütte durch das außergewöhnlich sonnige Wetter durchaus die Tageszeit durch die Sonnenrichtung abschätzen konnten. Möglicherweise hat das auch bei Inga und Lars-Erik eine Rolle gespielt, da das einzige Fenster in deren Hütte nach Süden ausgerichtet war.

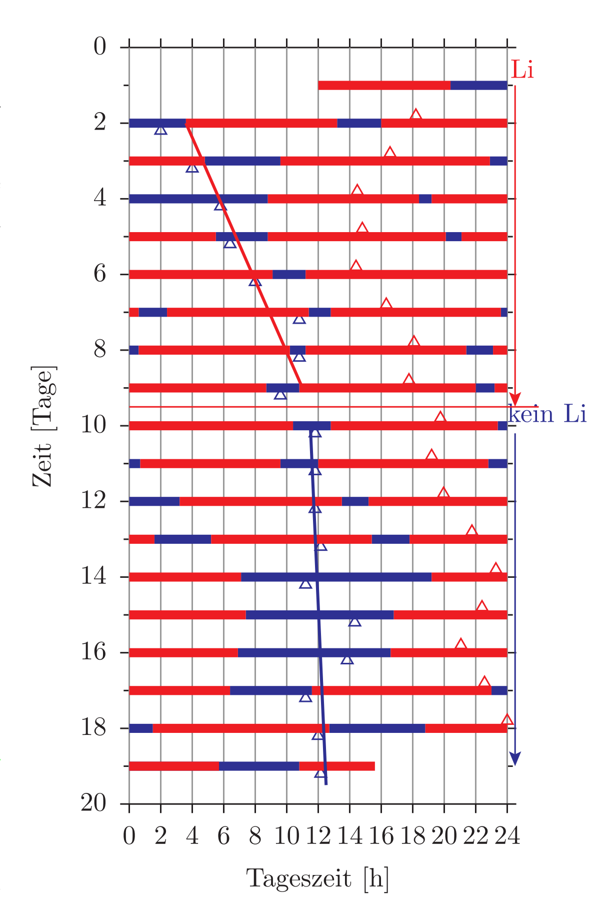


Abbildung 11.1: *Anna Schneider's Schlaf-Wach- (blaue bzw rote Balken) und Temperaturminimum/maximum-Daten (blaue bzw rote Dreiecke) bei ihrem Versuch mit (roter Pfeil rechts) und ohne Li$^+$-Tabletten (blauer Pfeil rechts) im Bunker in Erling-Andechs vom 5. bis 25. Januar 1980. Die rote Linie während der Li$^+$ Zeit ist an die Minima angepasst und ergibt eine Periodenlänge von 25.18 Stunden, die blaue Linie während der Placebo-Zeit, ebenfalls an die Minima angepasst, ergibt eine Periode von 24.11 Stunden. Daten aus einer Skizze von Anna, die sie von Wever erhielt (Versuchsperson 242).*

11.4 Literatur über Svalbard, biologische Uhren, Depressionen

Die folgenden Bücher, Artikel und Karten geben nähere Informationen über das Land, seine Natur, Fauna, Flora, Geologie und Geografie und menschliche Aktivitäten: Stange (2008), Hisdal (1976), Løvenskiold (1964), Rønning (1964), Østreng (1975), Kartaschew (1960).

Als Literatur zu biologischen Uhren des Menschen empfehle ich Wever (1979) und Moore-Ede et al. (1982). Weitere Literatur in Engelmann (2009).

Über Depressionen, auch im Zusammenhang mit Tagesrhythmen, ist in den folgenden Artikeln nachzulesen: Kripke et al. (2009), Germain and Kupfer (2008), Nemeroff (1998), Healy and Waterhouse (1995), Lenox and Watson (1994), Wehr and Wirz-Justice (1982).

11.5 Weitere Informationen

Die folgenden Informationen sollen bestimmte Dinge vertiefen oder zusätzliche Punkte darstellen. Sie würden im Haupttext das zügige Lesen erschweren.

11.5.1 Aushang des MPI für Verhaltensphysiologie in Erling-Andechs

Max Planck Institut für
Verhaltensphysiologie
Abteilung Aschoff

Wir suchen Versuchspersonen jeden Alters und Geschlechts, die bereit sind, allein oder mit Partner(n) für etwa 4 Wochen in einem schallisolierten Raum mit Küche und Bad zu leben. Die Räume befinden sich unter der Erde. Jeder Kontakt zur Außenwelt geschieht per Brief und läuft über eine Schleuse, über die auch Nahrungsmittel und Dinge des täglichen Bedarfs nach Wunsch geliefert werden. In den Räumen herrscht Dauerlicht beziehungsweise künstlicher Hell-Dunkel-Wechsel. Während der Wachperiode können nach Wunsch noch zusätzliche Lichtquellen eingeschaltet werden. Eine Klimaanlage sorgt für Frischluft und die Ihnen angenehme Temperatur. Ihre Mahlzeiten kochen Sie selber auf einem Elektroherd; die Viktualien werden Ihnen kostenfrei und nach Ihren Wünschen geliefert ("gut bürgerliche Küche").
Die Versuchsperson hat die Aufgabe, portionsweise ihren Urin zu sammeln und diesen in einem Kühlschrank zu deponieren, der in der Schleuse steht. Mehrmals am Tage werden Zeitschätzungen, Selbstbeurteilungen und je nach Versuchsbedingungen andere kleine Tests durchgeführt. Während der gesamten Versuchsdauer wird ein Rektalthermofühler getragen, also ein Instrument, das laufend die Darmtemperatur misst. Erfahrungsgemäß gewöhnt man sich innerhalb von zwei Tagen so gut an diese Vorrichtung, dass man sie garnicht mehr wahrnimmt. Kurzfristiges Entfernen läuft den Versuchsbedingungen nicht zuwider.

Damit sind im wesentlichen alle Dinge, die wir von Ihnen wünschen, bereits genannt. Sie benötigen für die Durchführung der Tests und so weiter täglich etwa eine Stunde. In der übrigen Zeit können Sie tun und lassen, was Ihnen gefällt. Plattenspieler mit klassischer oder Unterhaltungsmusik, Tonbandgerät, Höhensonne, Expander, Spiele und so weiter stehen zu Ihrer Verfügung. Sie können selbst alle Arten von Musikinstrumenten mitbringen, ebenso Bücher und Arbeitsmaterial, soviel Sie wollen. Erwiesenermaßen eignet sich die Versuchszeit hervorragend für konzentrierte Arbeit (zum Beispiel Examensvorbereitung).

Unsere Versuche dienen zur Erforschung der sogenannten "inneren Uhr" des Menschen. Dazu müssen alle Hinweise auf die objektive Zeit ausgeschaltet werden: Uhren, Tag- und Nacht-Wechsel, aktuelle Zeitungen, datierte Briefe, Radio, Fernsehen und direkter Kontakt zu Personen außerhalb der unterirdischen Räume, auf all das muss während der Versuchsdauer verzichtet werden; undatierte Post und ältere Zeitschriften können Sie bekommen.

Das Interesse an der etwas außergewöhnlichen Situation, in der Sie sich etwa einen Monat lang befinden werden, sollte Ihre Entscheidung, in die "Isolation" zu gehen, bestimmen. Das Taschengeld von 10 DM pro Tag (unter bestimmten Bedingungen auch mehr), das wir Ihnen neben den Reisekosten bieten können, wird Ihnen den Entschluss vielleicht erleichtern.

Bedenken hinsichtlich der Abgeschlossenheit oder des Alleinseins traten bisher immer auf, haben sich jedoch nie bestätigt: Jedem hat es gefallen und viele Versuchspersonen haben schon mehrmals an diesem Experiment teilgenommen.

(Ende des Schreibens)

11.5.2 Bedienungsanleitung des DE101

Temperatursonde und Aktograph sind am Gerät angeschlossen (mit Rändelschraube gesichert). Gerät an: Wippschalter nach innen. Numerator beginnt mit 0000 (für einen Zwischenausdruck Knopf drücken, bis Ausdruck fertig ist; dadurch wird der normale Ausdruck und Numerator nicht beeinflusst). Wichtig: Beim ersten Ausdruck Zeit und Datum notieren. Gerät immer laufen lassen (Ausnahme: Batterie- und Papierwechsel nach 14 Tagen). Beim Ausschalten des Gerätes wird der Numerator wieder auf 0000 gesetzt!

Gelegentlich das Gerät mit dem des Partners vergleichen. Da beide Geräte zur gleichen Zeit gestartet wurden, muss der Numerator übereinstimmen. Wenn nicht, den Numerator des Partners notieren (zum Beispiel H 530 = F 533). Was ist Ursache des Unterschiedes? 9 V Batterie wechseln? Sind die Temperaturmesswerte (die letzten drei Ziffern) zu niedrig, muss der 6 V Batteriesatz ausgewechselt werden (normal zwischen 300 bis 700. Papierrolle auswechseln, wenn der rote Streifen sichtbar wird, sonst nach 14 Tagen. Batteriewechsel und Papierrollenwechsel auf dem Gerät notieren.

11.5.3 Bedenken der Gutachter

1. Zwar werden unsere Untersuchungen über die Wirkung von Li^{+} auf circadiane Rhythmen bei Pflanzen und Tieren anerkannt, der Sprung vom Pflanzenmodell und von Drosophila zum Menschen erscheine aber etwas vorschnell. Ob freilaufende Rhythmen auch bei Säugern durch Li^{+} verlangsamt werden, sei in Tierversuchen leicht zu untersuchen. Danach könnte man auf Grund der Informationen durch die Tierversuche mit gezielteren Hypothesen die Untersuchungen am Menschen durchführen. Außerdem wären Untersuchungen in Zeitgeber-freien Räumen wie zum Beispiel in Erling-Andechs besser, weil hier standardisierte Bedingungen vorliegen würden, unter denen bereits eine große Zahl von Versuchspersonen untersucht wurden. In Spitzbergen seien die Versuchsbedingungen hingegen ungeklärt. Wir selbst hätten ja schon in unserem Nachtrag vom 12. 9. 1977 das Konzept geändert, indem wir jetzt die Teilnehmer in Hütten statt in Zelten unterbringen wollten. Gesicherte Aussagen wären zwar bei Versuchen in Spitzbergen möglich, aber keineswegs gewiss. Bei Untersuchungen in isolierten Räumen wäre aber mit Sicherheit ein wissenschaftlich fundiertes Ergebnis zu erwarten.

2. In isolierten Räumen könne man eine große Zahl von Variablen untersuchen, nicht nur den Rhythmus der Körpertemperatur und des Urins. Um die Wirkung von Li^{+} auf Patienten mit endogener Depression zu beurteilen, wäre das entscheidend. Schließlich würden wir ja vermuten, dass verschiedene circadiane Rhythmen gegeneinander verstellt seien. Dann müsste man aber auch diese verschiedenen Rhythmen messen.

3. Es läge nahe, endogen depressive Patienten während einer Depression und während eines Beschwerde-freien Abschnitts in einem isolierten Raum in Erling-Andechs zu untersuchen. In Spitzbergen wäre eine solche Untersuchung völlig aussichtslos.

4. Bei diesem Vorgehen würde viel Geld gespart, zumal das von uns geplante Projekt, wenn es wirklich durchgeführt würde, wesentlich teurer werden würde als die veranschlagten 56 200 DM.

5. Eine wissenschaftliche Aussage über die Wirkung von Li^+ ist nur möglich, wenn der Li^+-Spiegel bekannt ist. In Spitzbergen dürfte es schwierig sein, bei den Probanden im regelmäßigen Abstand die Li^+-Werte zu bestimmen und danach die richtige Menge an Li^+-Tabletten zu geben. Es müsste dazu ja ein Arzt die Versuchspersonen aufsuchen, Blut entnehmen und die Li^+-Werte bestimmen lassen. Falls diese Bestimmungen nicht durchgeführt würden, sei die Li^+-Einstellung nicht ganz risikolos, da die Werte in den toxischen Bereich steigen könnten. Wenn geplant sei, dass Dr. Pflug von der Universitäts-Nervenklinik die ärztliche Betreuung in Spitzbergen übernimmt, könne er das wahrscheinlich auch bei Untersuchungen in einem isolierten Raum in Erling-Andechs tun.

6. Geräte zur kontinuierlichen Registrierung der Körpertemperatur stehen für den klinischen Bereich bereits zur Verfügung. Die geplante Neuentwicklung ist deshalb nicht nötig.

11.5.4 Antwort auf die Bedenken der Gutachter

Auf diesen Brief antwortete ich am 29. 11. 1977:

Sehr geehrte Frau Dr. xx

für Ihr Schreiben vom 24. 11. 1977 möchte ich mich bedanken. Ich freue mich, dass das Gutachten prinzipiell betont, dass die geplanten Untersuchungen wichtig sind. Zu den Einwänden möchte ich folgendes bemerken:

1. Einwand: Vor Untersuchungen am Menschen sollte die Li^+-Wirkung auf die Tagesrhythmen an Tieren geprüft werden.
   Vor nunmehr 4 Jahren veröffentlichte ich eine Arbeit mit soliden Daten über die Perioden-verlängernde Wirkung von LiCl auf *Kalanchoe*-Blüten und einen sehr mageren Hinweis auf eine Perioden-verlängernde Wirkung auf die Aktivitätsrhythmen von Kleinsäugern. Mir standen damals leider nur vier Laufräder zur Verfügung und ich hatte gehofft, dass diese Untersuchungen in besser ausgerüsteten Labors an einer größeren Zahl von Tieren überprüft werden würden. Da dieses offenbar nicht geschehen ist, haben wir in der Zwischenzeit die Versuche mit Goldhamstern fortgesetzt und gleiche Ergebnisse erhalten (siehe Anhang). Auch bei Küchenschaben und Drosophila-Fliegen verlängert Li^+ die Periode. Wir sind jetzt dabei, mit noch mehr Hamstern die Versuche zu wiederholen.

2. Einwand: Die Versuche sollten besser in einem isolierten Raum in Erling-Andechs durchgeführt werden.
   Die Pläne für unsere Untersuchungen wurden auf Vorschlag der DFG mit Wissenschaftlern aus dem MPI in Erling-Andechs besprochen. Man hatte die Spitzbergen-Pläne befürwortet. Dort hatte ja auch bereits ein Versuch im isolierten Raum zur Li^+-Wirkung auf die Tagesrhythmen des Menschen stattgefunden. Eine Versuchsreihe mit mehr Versuchspersonen kam dort jedoch nicht in Frage, da "wir für Jahre mit Versuchen ausgebucht sind" (Zi-

tat Wever). Damit werden auch die im Schreiben unter Punkt 2 (größere Zahl von Variablen im Bunker untersuchbar) und 3 (Versuche mit Patienten im Bunker) angeführten Einwände hinfällig. Übrigens werden in Erling-Andechs prinzipiell keine Versuche an Kranken durchgeführt. Auch wir hatten nicht vor, in Spitzbergen später Patienten mit endogenen Depressionen zu untersuchen.

3. Einwand: Die Versuchsbedingungen in Spitzbergen sind noch weitgehend ungeklärt.
   Dr. Lobban hat in Spitzbergen bereits Tagesrhythmen des Menschen untersucht (Literaturangabe in unserem Antrag), und Dr. Simpson hat in Grönland die chronobiotische Funktion einer Substanz am Menschen getestet (Literaturangabe in unserem Antrag). Solche Versuche sind also durchaus möglich. Wir würden jedenfalls den Aufenthalt in Zelten oder Hütten als unwesentliche Versuchsbedingungen ansehen. Hütten sind einfach etwas komfortabler und bieten Schutz gegen die Witterung. Zur Zeit des Antrages im Juni hatten wir noch keine Informationen über die Zahl und Lage der Hütten. Das Konzept ist dadurch keineswegs verändert worden.

4. Einwand: Der Li^{+}-Spiegel müsse bekannt sein und dazu Blut durch einen Arzt entnommen werden; eine ärztliche Betreuung müsse gegeben sein.
   Von Anfang war natürlich eine ärztliche Betreuung während des Spitzbergenaufenthaltes geplant (Antrag Seite 6 unten). Die Einstellung des Li^{+}-Spiegels für die einzelnen Teilnehmer erfolgt vor Beginn der Untersuchungen in Spitzbergen. Damit sollen mögliche Nebenwirkungen rechtzeitig erkannt werden und die individuelle Dosis ermittelt werden, mit der der nötige Blutspiegel für den Versuch erreicht wird. Intoxikationen durch zu hohe Dosen in Spitzbergen können ausgeschlossen werden, da die Freilauf-Periodenlänge des Menschen in der Regel länger als 24 Stunden ist. Da die Einstellung auf einen 24-Stunden-Tag erfolgt, dürften die Werte in Spitzbergen eher etwas niedriger sein, wenn die gleiche Dosis eingenommen wird. Da nach Wever das Gruppenmitglied mit der längsten Periode die Periodenlänge der Gruppe bestimmt, würde selbst dann, wenn ein Gruppenmitglied eine kürzere Freilaufperiode hätte, keine Gefahr bestehen. Schließlich werden alle Teilnehmer auch über Anzeichen von Li^{+}-Überdosierung informiert. Der Arzt würde ferner etwa einmal wöchentlich die einzelnen Gruppen besuchen, um Blutproben zu nehmen, die unter anderem zur Li^{+}-Bestimmung verwendet werden.

5. Einwand: Die geplante technische Entwicklung der Temperaturmessgeräte würde in der Klinik nicht benötigt.
   Dieser Einwand wird von der starken Nachfrage nach den Geräten widerlegt (Nervenklinik Tübingen, Psychiatrie München, Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund, schwedische Gesellschaft für Herzwissenschaften). Für Spitzbergen sind außerdem die zur Zeit in Kliniken verwendeten Geräte nicht geeignet, da sie viel mehr Strom verbrauchen.

6. Einwand: Das Projekt sei zu teuer.
   Wir halten die Kosten dieses Projek-

tes für relativ niedrig, da der Bau eines geeigneten isolierten Raumes oder der Ausbau von Höhlen sicher teurer sein würde. Die Gerätekosten von 20 000 DM fallen nicht ins Gewicht, da sie später in der Nervenklinik verwendet werden. Wir sind sicher, dass die DFG zahlreiche Vorhaben mit ähnlicher Ausgangslage fördert. Die bei endogenen Depressionen bekanntlich hohe Selbstmordrate -die ja auch finanzielle Folgen hat, die die Gesellschaft trägt- dürfte nach unserer Meinung die Kosten des Antrages rechtfertigen.

Für die kritischen Argumente sind wir dankbar und hoffen, sie mit diesem Schreiben entkräftet zu haben.

11.5.5 Bericht an die DFG über den Vorversuch in Spitzbergen

Bericht über einen Vorversuch zum Antrag auf Sachbeihilfe bei der DFG "*Untersuchungen der Li^+-Wirkung auf die Tagesrhythmik des Menschen unter arktischen Dauerlichtbedingungen auf Svalbard (Spitzbergen)*".

Professor, Johnsson, Dr. Pflug und ich hatten am 30. 11. 1976 und am 19. 6. 1977 einen Antrag auf eine Sachbeihilfe bei der DFG gestellt, um einen Einfluss von Li^+ auf die Tagesrhythmik des Menschen zu prüfen. Da zum geplanten Zeitraum noch kein Entscheid über den Antrag vorlag, haben wir einen Vorversuch mit zwei Studenten durchgeführt, der die Haupteinwände der Begutachtung prüfen sollte

- dass unter den Bedingungen in Spitzbergen kein Freilauf der Tagesrhythmik möglich ist
- dass es zu psychologischen Schwierigkeiten kommen kann.

Der Versuch fand im Juli 1978 statt. Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler flogen am 4. Juli von Oslo über Tromsø nach Longyearbyen und fuhren von dort mit dem Schiff nach Ny Ålesund. Durch Vermittlung von Prof. Johnsson übernahmen Mitglieder des UNESCO-Projektes "Man and Biosphere" aus Trondheim, die sich im Versuchszeitraum in Ny Ålesund aufhielten, die Betreuung, den Transport mit Boot zur London-Hütte auf der Blomstrand-Halbinsel und machten dort gelegentliche Besuche. Die Verpflegung wurde von Prof. Johnsson gestellt. Am 9. Juli begannen die Versuche und Messungen. Die Temperaturmessgeräte wurden am 9. 6 um 13:15 (Quarzuhr, die in Ny Ålesund blieb und bei den Besuchen zum Festhalten des Numerators der Geräte diente) gestartet. Sie druckten alle 512 Sekunden Messwerte aus (siehe Beschreibung der Geräte auf Seite 168), die in Abbildung 4.7 und 4.8 dargestellt sind. Ferner wurden Urinproben gesammelt, das Volumen und der pH gemessen und die Befindlichkeit getestet. Die Bestimmung der Elektrolytkonzentration (K^+, Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, Cl^+) ist noch nicht abgeschlossen.
Die Schlaf-Wach-Zeiten zeigen bei beiden Versuchsteilnehmern einen deutlichen Freilauf. Fritz Mörgenthaler unternahm einige längere Wanderungen, die zu Verschiebungen des Aktivitätsmusters am 14. /15. 7. und am 19. /20. 7. führten. Die Analyse der Temperaturdaten im Zeitraum zwischen 12. 7. und 26. 7. ergab die in Tabelle 1 dargestellten Werte. Am 27. 7. wurden die Teilnehmer wieder nach Ny Ålesund gebracht, fuhren von dort mit dem Schiff nach Longyearbyen und mit dem Flugzeug über Tromsø, Trondheim nach Oslo zurück.
Die Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen. Es ergab sich bisher folgendes:

1. Unter den Bedingungen der London Hütte zeigte sich Freilauf. Mögliche 24-Stunden-Zeitgeber wie Lärm bei Hafenarbeiten in Ny Ålesund (ca. 5 km entfernt), Numerator des Gerätes und Sonnenrichtung wirkten nicht synchronisierend (auch nicht bei sonnigem Wetter).

2. Nach den Befindlichkeitslisten der Teilnehmer und ihren Aussagen sind die Bedingungen sehr angenehm gewesen. Es traten keine Schwierigkeiten psychologischer Art auf, die Teilnehmer waren immer gesund und wohlauf gewesen.

3. Die Messmethoden haben sich bewährt. Das Temperaturmessgerät sollte jedoch besser in einem kleinen Rucksack getragen werden. Eine mechanische Aufwickelvorrichtung wäre nötig, um das Verklemmen des Druckerpapieres (geschah drei mal bei beiden Geräten) zu vermeiden und den Numerator nicht zu sehen. Gegen Versuchsende rutschte die Messsonde leicht aus dem Enddarm. Hautverträgliche Klebestreifen wären Abhilfe. Die pH Bestimmung mit einer pH-Elektrode und einem neuentwickelten leichten pH-Meter ist zu umständlich und kann eventuell durch pH-Papier ersetzt werden.

4. Die Versuchspersonen sollten keine längeren und anstrengenden Exkursionen und größeren Einzelunternehmungen machen, um gegenseitige Desynchronisation zu vermeiden. Eine Fahne an der Hütte sollte Besuchern zeigen, ob die Bewohner schlafen.

Wir glauben, dass die bisherigen Ergebnisse ausreichen, um die geplante Untersuchung 1979 durchzuführen. Die Bedenken zur Überwachung des Li^+-Spiegels und eventuell auftretende Nebeneffekte sind im Antrag und im Schreiben vom 26. 12. 977 besprochen worden. Außerdem werden im Laufe dieses Jahres Untersuchungen von Dr. Pflug an den Teilnehmern für 1979 durchgeführt, die unter anderem die Li^+-Verträglichkeit und -Dosierung testen sollen.

11.5.6 Schreiben an die Norwegische Botschaft und deren Antwort

Dr. W Engelmann
Tübingen, den 8. 6. 1978
An die norwegische Botschaft
Postfach
5300 Bonn

In Zusammenarbeit mit Prof. A. Johnsson, Universität Trondheim (Physik-Department, Abteilung Biophysik) sollen von Anfang Juli bis Anfang August dieses Jahres wissenschaftliche Untersuchungen zur Tagesrhythmik des Menschen in Svalbard durchgeführt werden. Zwei Studenten der Universität Tübingen, Herr Ellinger und Herr Mörgenthaler, werden in der Nähe von Ny Ålesund sich in einer Hütte aufhalten.
*Die norwegischen Behörden verlangen, dass die Gruppe aus Sicherheitsgründen (Eisbären) ein Gewehr mit sich führt. Zur Ausstellung der Lizenz wird nun von der zuständigen deutschen Behörde eine schriftliche Erlaubnis verlangt, dass für die Einfuhr des Gewehres (Krieghoff-Gewehr Kaliber 8*57 IRS Nr. 55045, Eigentümer Forstamt Bebenhausen) keine Bedenken von norwegischer Seite vorliegen. Der Sysselmann von Svalbard ist durch Prof. Johnsson informiert.*
Ich wäre Ihnen für eine entsprechende Bescheinigung dankbar.

Mit vozüglicher Hochachtung
Dr. W. Engelmann, Dozent

Und die gewünschte Bestätigung der norwegischen Botschaft in Bonn:

*Es wird bestätigt, dass Herr Helmut Ellinger, Biologiestudent in Tübingen / BRD in einem deutsch-norwegischen Studienprogramm in Ny Ålesund , Svalbard, teinehmen wird. Die Teilnehmer werden allein in einer isolierten Hütte untergebracht, und das norwegische Polarinstitut, Tromsø, empfiehlt, dass Herr Ellinger wegen Sicherheitsgründen ein Gewehr mitbringt. Es handelt sich um die Schusswaffe Krieghoff-Gewehr Kaliber 8*57 IRS Nr. 55045, Eigentümer Forstamt Bebenhausen. Herr Helmut Ellinger wird das Gewehr von der Bundesrepublik nach Svalbard mitbringen: Flug SK364 5. Juli 1978 10:40 Oslo, SK 382 19:35 Longyearbyen.*

Königliche Norwegische Botschaft, Bonn, 20. Juni 1978

Randi Emaus, Vizekonsul

11.5.7 Anders Schreiben an Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler

5. Juli: Ankunft Longyearbyen. Die Zeit bis zur Abfahrt der Hurtigruten sollte in Longyearbyen mit normalen Aktivitäten und normalen Messungen verbracht werden. Verpflegung und Unterkunft gibt es am Ort. Benutzt eure Schlafsäcke.

6. Juli: Abfahrt der Hurtigruten nach Ny Ålesund. Die meisten Leute ziehen es vor, in der Nacht aufzubleiben - es ist eine wunderbare Fahrt. Auf diese Weise kann auch vermieden werden, am normalen Aktivitätsmuster festzuhalten. Dadurch wird die Synchronisation abgeschwächt.

Ankunft in Ny Ålesund. Setzt Euch mit dem Leiter der Forschungsstation, Einar Ellingsen, in Verbindung. Er ist selbstverständlich über dieses norwegisch-deutsche Projekt informiert und über Eure Ankunft. Kontaktiert auch die Teilnehmer am MAB-Projekt (Man and Biosphere), die Ny Ålesund als Basis benutzen. Olav Rönning und Ingvar Brattbak (beide von der Universität Trondheim) kennen die Pläne für das Experiment und besonders Brattbak ist mit den Einzelheiten der praktischen Dinge vertraut.

Ny Ålesund :

Eure Lebensmittel sollten unter dem Namen Johnsson (verschickt und gepackt durch Carl Evensen eftr. Oslo) angekommen sein und müssen zur London Hütte gebracht werden.

Holz und Kohle müssen für den Aufenthalt in der London Hütte gesammelt werden. Fragt danach!

Sagt dem Postamt am Ort, dass ihr angekommen seid und informiert sie, dass euch Leute in unregelmässigen Abständen in der Hütte aufsuchen werden und sie die Erlaubnis haben, Euch eure Post zu bringen. Wenn ihr Dinge kauft, die für das Experiment nötig sind, fragt, ob ihr auf Rechnung von A. Johnsson, Fysisk Institutt, NLHT, Universitet i Trondheim, N7000 Trondheim bezahlen könnt. Bis zu eurer Abreise nach London Hütte bekommt ihr Unterkunft und Verpflegung auf Kosten des Projektes. Die Kosten werden von Johnsson bezahlt (am besten ebenfalls auf Rechnung über die obige Adresse).

Besprecht mit Ellingsen, was zu tun ist, wenn ein Eisbär in der Nähe der Hütte auftauchen sollte. Fragt ihn auch über seine Meinung zu eurem Aufenthalt in der London-Hütte bevor ihr Ny Ålesund verlasst.

Fragt die Leute nicht nach den Zeiten, zu denen Schiffe, Boote und Flugzeuge Ny Ålesund passieren. Vermeidet auch, dass Euch Leute zufällig über Dinge informieren, aus denen ihr später auf die Tageszeit schliessen könntet.

Besprecht und arrangiert mit den Leuten in Ny Ålesund einen praktischen Weg, wie man an der London Hütte einen "Briefkasten" einrichten kann: eine Stelle, wo Leute Briefe oder Botschaften lassen können, wenn ihr schlaft oder unterwegs seid.

Ihr werdet so bald wie möglich zur London Hütte gebracht. Aber denkt daran, dass die Leute, die uns helfen, ihre eigenen Projekte haben und ihre eigene Arbeit. Stört sie nicht und fragt nicht nach unnötiger Hilfe.

London-Hütte:

Brattbak und seine Kollegen haben uns netter weise versprochen, uns bei der Kontrolle eures Aufenthaltes zu unregelmäßigen Tageszeiten und in unterschiedlichen Abständen zu helfen. Wenn ihr nicht schlaft oder unterwegs seid (in diesem Fall solltet ihr eine Botschaft hinterlassen), achtet darauf, dass ihr nicht nach der Tageszeit fragt, wie viele Tage es noch bis zur Rückkehr sind usw.

Wenn ihr in der Hütte angekommen seid, schaut nach den wesentlichen Dingen: Ofen, Nahrung, Karten, Wasser, Gewehr, Munition, Instrumente, Urinflaschen, Bücher usw. Seid sicher, dass jeder weiß, wo der Briefkasten ist. Wo ist die beste Stelle, um ein Schild anzubringen, dass andere über euren Aufenthalt in der Hütte informiert. Bringt das Schild so bald wie möglich an.

Ihr müsst auch praktische Arbeit tun, indem ihr der Ny Ålesund Station helft, um die London Hütte herum aufzuräumen. Fragt nach Einzelheiten.

Nun aber: Entspannt euch, versucht, euch von den Menschen um euch herum zu desynchronisieren. Versucht nicht, euch nach der Sonne zu orientieren, auf Schiffe zu achten, die vorbeikommen usw. Folgt eurer eigenen Uhr!!

Beim Verlassen der London Hütte: Ihr habt Rückfahrkarten für die Hurtigruten am 28. Juli. Um das Schiff zu erreichen, werden euch die MAB Leute in Ny Ålesund sagen, wann ihr abfahren müsst.

Je nach den Möglichkeiten könnte auch entschieden werden, dass ihr per Flug nach Longyearbyen gebracht werdet. In diesem Fall würdet ihr einige Tage länger in der London-Hütte sein und die Messungen etwas länger gemacht werden. In diesem Fall werdet ihr informiert und die Flugtickets von Johnsson bezahlt werden (Prozedur wie bereits erwähnt).

Vergesst nichts, wenn ihr abreist, räumt auf und verlasst die Hütte ordentlich. Messt weiter.

Ny Ålesund und Longyearbyen: Ein detaillierter Zeitplan kann jetzt noch nicht gegeben werden. Je nach der Transportart wird euer Aufenthalt in Longyearbyen kurz oder ziemlich lang sein (wenn ihr die Hurtigruten nehmt). Richtet euch darauf ein und plant eure Aktivitäten in Longyearbyen. Messt weiter während dieser Zeit.

Vergesst keine wissenschaftlichen oder persönlichen Dinge in Ny Ålesund und Longyearbyen.

Viel Glück

Anders Johnsson.

11.5.8 Chronobiologischer Phasentyp: Lerche oder Eule?

Der Östberg-Test (Östberg (1975)) zeigt, zu welchem chronobiologischen Phasentyp Du gehörst[4]. Eine abgewandelte Form wurde in Spitzbergen verwendet und ist in Unterabschnitt 11.5.9 zu finden.

Fragebogen zum chronobiologischen Phasentyp
Diese Liste besteht aus Fragen, die sich auf Deine Aktivität und Dein Wachheitsgefühl morgens und abends beziehen. Bei der Beantwortung von Frage 1-4 solltest Du davon ausgehen, dass Du tagsüber 8 Stunden zu einer *von Dir selbst* gewählten Zeiten arbeiten musst. Beantworte alle Fragen ehrlich. Kreuze nur eine Antwortmöglichkeit an. Zur Auswertung benutze Tabelle 11.1

Wie schwierig wäre es für Dich, wenn Du immer erst um 01:00 Uhr ins Bett gehen dürftest?

- **4** Sehr schwierig, ich würde sehr lange schrecklich müde sein.
- **3** Ziemlich schwierig, ich würde mich eine zeit lang müde fühlen.
- **2** Nicht schwierig, ich würde mich ein wenig müde fühlen.
- **1** Keine Schwierigkeiten, kein Problem.

Wie schwierig wäre es für Dich, wenn Du immer um 06:00 aufstehen müsstest?

- **1** Sehr schwierig, ich würde mich noch schrecklich müde fühlen.
- **2** Ziemlich schwierig, ich würde mich noch müde fühlen.
- **3** Nicht schwierig, etwas unangenehm, kein großes Problem.
- **4** Keine Schwierigkeiten, kein Problem.

Stell Dir vor, Du hast Dich für ein Fitness-Training entschlossen. Dein/e Freund/in macht den Vorschlag, zweimal pro Woche eine Stunde zu trainieren. Für ihn/sie ist die beste Zeit morgens von 7-8 Uhr. Wie wäre das für Dich?

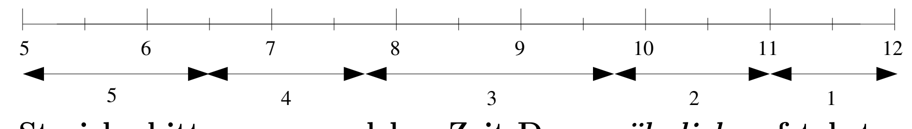
- **4** Diese Zeit fände ich optimal.
- **3** Es würde schon gehen.
- **2** Es würde mir schwer fallen, eine spätere Zeit wäre mir lieber.
- **1** Es würde mir zu schwer fallen.

[4] im Gegensatz zum ursprünglichen Östberg-Test wurde für die Teilnehmer ein kürzerer Test verwendet

Stell Dir vor, Du hast Dich für ein Fitness-Training entschieden. Dein/e Freund/in macht den Vorschlag, zweimal pro Woche eine Stunde abends zu trainieren. Für ihn/sie ist die beste Zeit abends von 23-24 Uhr. Wie wäre das für Dich?

- **1** Diese Zeit fände ich optimal.
- **2** Es würde schon gehen.
- **3** Es würde mir schwer fallen, eine frühere Zeit wäre mir lieber.
- **4** Es würde mir zu schwer fallen.

Streiche bitte an, zu welcher Zeit Du *gewöhnlich* zu Bett gehst.[5]



Streiche bitte an, zu welcher Zeit Du *gewöhnlich* aufstehst.



Gib an, ob Du eine Morgen- oder Abend-aktive Person bist.

- Ausgesprochen Morgen-aktiv.
- **4** Mäßig Morgen-aktiv.
- **3** Weder das eine noch das andere.
- **2** Mäßig Abend-aktiv.
- **1** Ausgesprochen Abend-aktiv.

Zur Auswertung des Fragebogens siehe Tabelle 11.1[6]

[5] untere Zahlen sind Bewertung
[6] Diese Tabelle sollte erst zur Verfügung stehen, wenn der Fragebogen ausgefüllt worden ist

Tabelle 11.1: *Bewertung des chronobiologischen Phasentyps aus dem Ergebnis des Niederländischen Fragebogens*

Chronobiologischer Phasentyp	Punktzahl
ausgesprochener Abendtyp	7-10
schwach ausgeprägter Abendtyp	11-14
Indifferenztyp	15-21
schwach ausgeprägter Morgentyp	22-25
ausgesprochener Morgentyp	26-31

11.5.9 Abgewandelter Östberg-Test zum chronobiologischen Phasentyp

Für die Situation im Freilauf in Spitzbergen wurde der Test zum chronobiologischen Phasentyp von Östberg in einigen Punkten abgewandelt und einige Fragen gestellt, die sich auf weitere Messungen bezogen. Sie sind im folgenden aufgelistet.

- **1- Um wie viel Uhr stehst Du schätzungsweise auf?**
- **1a- Würdest Du lieber zu einer anderen Zeit aufstehen und zu welcher?**
- **2- Um wie viel Uhr gehst Du schätzungsweise ins Bett?**
- **2a- Würdest Du lieber zu einer anderen Zeit ins Bett gehen und zu welcher?**
- **3- Wirst Du vom zweiten Gruppenmitglied geweckt?**
  4 nie 3 manchmal 2 meistens 1 immer
- **8a- Gehst Du im Verhältnis zu Normalbedingungen daheim jetzt im Freilauf später als üblich zu Bett?**
- **9- die beste Zeit für ihn sei unmittelbar nach dem Aufstehen. Wäre dies eine günstige Zeit für Dich?**
- **9a- Welche Zeit wäre günstiger?**
- **11- 7 Uhr aufstehen (als Annahme). 23 Uhr Schlafen gehen**
  Ebenso 15-, 17-, 18-
- **16- seine beste Zeit wäre unmittelbar vor dem ins Bett gehen**
- **20- Würdest Du einige Fragen anders beantworten, wenn der Test vor Zwei Wochen gemacht worden wäre (also in der ersten Hälfte des Spitzbergen-Experiments)**
- **21- Würdest Du an einem Bunker-Experiment teilnehmen?**
  1 ja 0 nein
- **22- Würdest Du an einem Resynchronisations-Experiment teilnehmen?**
  1 ja 0 nein
- **23- War Dir die Hypothese der Li^{+} Wirkung bekannt?**
  1 ja 0 nein
- **24- Wann bekamst Du Li^{+}**
  1 in der ersten Hälfte 2 in der zweiten Hälfte

11.5.10 Lichtmessungen

Am 30. 6. und am 4. und 5. 7. maß Anders die Lichtintensitäten in Ny Ålesund. Sie sind in Tabelle 11.2 zusammengetragen und zwei Tage in Abbildung 11.2 grafisch dargestellt. Man erkennt, dass die Lichtintensität stark vom Grad der Bewölkung abhängt.

11.5.11 Wetterbeobachtungen während unserer Untersuchungen

Tabelle 11.3 zeigt die Wetterbeobachtungen eines Teilnehmers während des Experiments in Spitzbergen. Die Wetterlage war etwas ungewöhnlich, da normalerweise die Temperaturen geringer sind und bewölkter Himmel vorherrscht. In diesem Jahr war der (kurze) Sommer wärmer und sonniger.

11.5.12 Vogel-Beobachtungen von Bernd-Ulrich Rudolph auf Svalbard

Beobachtet wurde vom 4. Juli bis zum 3. August 1979 auf der Bröggerhalbinsel südlich des Kongsfjords (die Halbinsel, auf der Ny Ålesund liegt, siehe Karte in Abbildung 4.3). Vom 4. August bis zum 7. August kamen dann noch in der Zeit, als die Gruppe der Tübinger Studenten auf den Rückflug nach Tromsø wartete, einige Beobachtungen in der Umgebung von Longyearbyen hinzu.

Sterntaucher (*Gavia stellata*) waren häufig auf den kleinen Seen in der Tundra und auf den Lagunen an der Küste zu beobachten, seltener auf dem Fjord. Dort wurden am 6. Juli vier Tiere zwischen Eisschollen beobachtet, von denen drei balzten. Zwei Paare waren am 25. Juli auf einem See westlich von Brandalpynten bei Knudsenheia zu sehen. Am 1. August sah Bernd-Ulrich einen Altvogel im Binsengürtel eines Sees am Kvadehuken (äußerste westliche Spitze der Bröggerhalbinsel) auf zwei Eiern brüten. Die Fluchtdistanz betrug 200 m. Der Vogel verließ das Nest, schwamm zum entgegengesetzen Ufer und drückte. Nur Hals und Rücken waren sichtbar. Eine ausgezeichnete Tarnung innerhalb der Wellenberge und -täler!

Eissturmvögel (*Fulmar glacialis*) waren überall sehr häufig. Beide Farbphasen, eine dunklere und eine hellere, aber auch Tiere mit Übergängen kamen vor. Die dunklere Form war etwas zahlreicher vertreten. Sie brüten nicht nur in Klippen an der Küste, sondern auch überall an Felswänden in den Bergen, oft kilometerweit vom Meer entfernt und einige 100 m darüber (bis zu 700 m, siehe Abbildung 7.33).

Eisenten (*Clangula hyemalis*) kamen zerstreut vor, zum Beispiel an der Lagune von Ny Ålesund und an der Brandallagune, am Tvillinvaten und bei der Ragna-Hytta. Vor der Prins Heinrich-Insel östlich von Ny Ålesund waren mindestens 25♂,4♀ Exemplare. Vermutlich mauserten sie, da viele Federn am Strand des Zeppelinhamna angeschwemmt waren.

Eiderenten (*Somateria mollissima*) waren sehr häufig an der Küste (siehe Abbildung 7.32). Landeinwärts gab es weniger. Am 5. Juli sah Bernd-Ulrich drei Nester mit je drei Eiern am Seestrand vor Ny Ålesund teilweise gut versteckt zwischen Treibholz, am 10. Juli am Brandalpynten 3 Nester mit brütenden Weibchen, in Ny Ålesund ein Nest mit 4 Eiern, zwischen dem 11. und 18. Juli bei der Ragna Hytta bis zu 20♂,20♀ Exemplare auf der Lagune. Am 14. Juli findet er einen frischen Riss eines ♀. Ab dem 25. Juli zeigen sich Verbände von ♀ mit Jungtieren zum Beispiel am Kvadehuken und am Strypbekk etwa 1 km landeinwärts, am 2. August am Zeppelinhamna.

Tabelle 11.2: *Lichtintensitäten an drei Tagen in Ny Ålesund mit einem Hagner Universal Photometer Modell S1 (Solna, Schweden) gemessen*

Datum	Uhrzeit	Lux bzw cd/m^2	Bemerkung
30. 6. 1979	10:00	3200	bedeckt
	14:00	4800	bedeckt/klar
	18:00	8500	klar
	22:00	5400	klar
4. 7.	08:40	10000 cd/m^2, 1°	klar, 3 m Abstand, Sonne im Rücken, weißes Papier
	09:40	7000	bedeckt
	13:28	6000	bedeckt
	14:41	5900	bedeckt
	16:00	6500	bedeckt, regnerisch
	18:30	4500	bedeckt
	19:40	3600	bedeckt
	22:15	2600	bedeckt
5. 7.	05:17	5600	leicht bewölkt
	07:13	11000	leicht bewölkt, Sonne auf Papier bedeckt
	09:30	8000	bedeckt

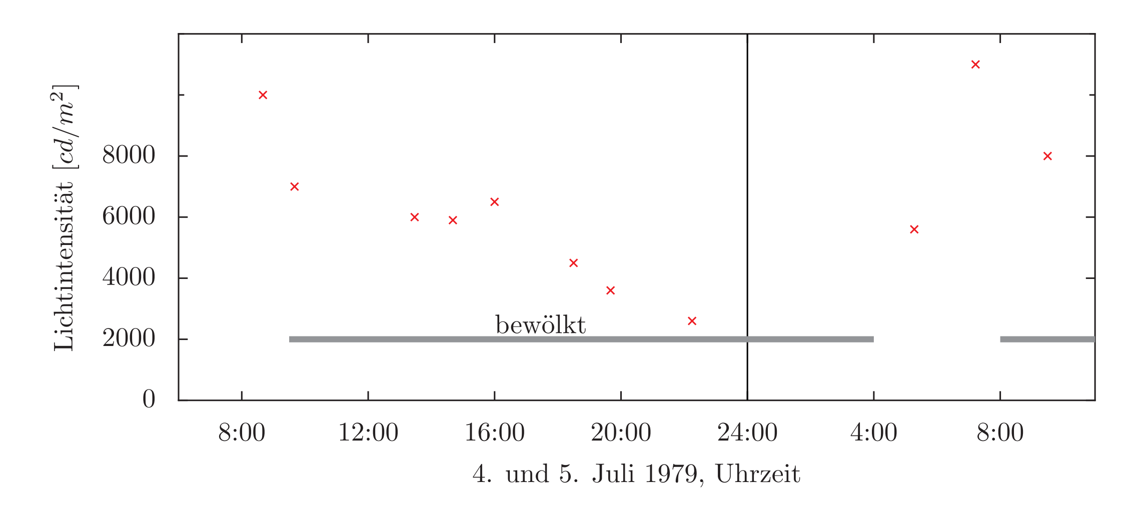


Abbildung 11.2: *Verlauf der Lichtintensität an zwei aufeinander folgenden Tagen in Ny Ålesund klare bzw leicht bewölkte Zeiten und (graue Balken) bewölkte Zeiten*

Tabelle 11.3: *Wetterbeobachtungen: Temperaturminimum/-maximum, Druck in* mm *Hg*

Datum	Temperatur	Druck	Bemerkungen
3. 7. 1979			Zugfahrt nach Oslo
4. 7. 1979	8^0 C		Flug nach Longyearbyen, Ny Ålesund
5. 7. 1979	10^0 C		wolkig -> bedeckt
2. Tag			Regen
3. Tag		760	wolkig, abends Regen, starker Wind
4. Tag	1.5/6.5	768	Aufklaren, gute Sicht
5. Tag	2.5/7.5	769	Eintrübung
6. Tag	3/10	769	wolkenlos
7. Tag	5/10.5	768	wolkenlos, klar
8. Tag	5.5/9	771.Overfull	stark bewölkt - bedeckt
9. Tag	3/9.5	772.5	Aufklaren, sonnig, Nebelschicht
10. Tag	3/10.5	770	Regen, stark bewölkt
11. Tag	3/10	765	bedeckt, sonnig-klar
12. Tag	5.5/10	764.5	sonnig, heiter
13. Tag	4.5/10.5	760.5	heiter - wolkig
14. Tag	4.5/9.5	759.5	bedeckt
15. Tag	4.5/10.5	763	stark bewölkt, sonnig - sehr klar
16. Tag	3.5/8.5	767	sonnig, sehr klar
17. Tag	3/8.5	768.5	sonnig, klar
18. Tag	3/7.5	767	sonnig, klar, Wind
19. Tag	3.5/6.5	766	halb bedeckt, sonnig, heiter
20. Tag	3.5/9	764	wolkig, Wind
21. Tag	3/8	758.5	bedeckt, Regen
22. Tag	1.5/4.5	760	bedeckt, Regen, stürmisch
23. Tag	1/4	760	Schnee bis 200 m, bedeckt
24. Tag	2.5/7.5	760	bedeckt, wolkig, Hochnebel
25. Tag	1.5/6.5	758.5	heiter, bedeckt, Wind
26. Tag	1/4	756	bedeckt, halb bedeckt,
27. Tag	2.5/6.5	754	halb bedeckt - sonnig - bedeckt
28. Tag 3. 8.			Ny Ålesund bedeckt, windig, Schneeschauer
29. Tag 4. 8.			Longyearbyen, Hochnebel, windig, Schauer
30. Tag 5 . 8.		760	Longyearbyen, Hochnebel
31. Tag 6 . 8.			Longyearbyen, Hochnebel, wolkig
32. Tag 7. 8.		765	wolkig, sonnig in Nord-, bedeckt in Südnorwegen
33. Tag 8 . 8.			Deutschland heiter, wolkig

Landeinwärts gab es weniger. Am 5. Juli sah Bernd-Ulrich drei Nester mit je drei Eiern am Seestrand vor Ny Ålesund teilweise gut versteckt zwischen Treibholz, am 10. Juli am Brandalpynten 3 Nester mit brütenden Weibchen, in Ny Ålesund ein Nest mit 4 Eiern, zwischen dem 11. und 18. Juli bei der Ragna Hytta bis zu 20♂,20♀ Exemplare auf der Lagune. Am 14. Juli findet er einen frischen Riss eines ♀. Ab dem 25. Juli zeigen sich Verbände von ♀ mit Jungtieren zum Beispiel am Kvadehuken und am Strypbekk etwa 1 km landeinwärts, am 2. August am Zeppelinhamna.

Weißwangengänse (*Branta leucopsis*) wurden zwar nicht gesehen, es gab aber viele, zum Teil sehr frische Schwanzmauserfedern an den meisten Seen in der Tundra.

Ringelgänse (*Branta bernicla hrota*) waren selten. Nur einmal wurden am 7. Juli am Kvadehuken sechs Exemplare gesehen, die Richtung Engelskbukta flogen.

Kurzschnabelgänse (*Anser brachyrhynchus*) kamen zerstreut in der steinigen Tundra und an Felshügeln vor.

Ein **Sandregenpfeiffer** (*Charadrius hiaticula*) macht Singflüge in Schmetterlings-artigem Flug ähnlich dem Balzflug des Grünfinken mit Kreisen und Schleifen von etwa 50 m Durchmesser, wobei er ständig ruft. Sie dauern bis zu 3 min.

Steinwälzer (*Arenaria interpres*) gibt es zerstreut an steinigen Küsten und in der steinigen Tundra an Binnengewässern.

Alpenstrandläufer (*Calidris alpina*) sind selten und nur in Ny Ålesund. Hier balzten bis zu 4 Tiere gleichzeitig mit Singflug, der dem der Feldlerche ähnelt.

Meerstrandläufer (*Calidris maritima*) sind häufig an steiniger Küste und in der Tundra. Sie sind kaum scheu. Am Kvadehuksletta brütet ein Tier auf vier Eiern auf einem kleinen schneefreien Stück Tundra. Am 15. Juli findet Bernd-Ulrich einen brütenden Vogel auf drei Eiern etwa 20 m neben der Ragna Hytta, einen Tag später zwei Altvögel, die gleichberechtigt brüten und bei Störungen sehr lange verleiten. In den Steinflaen etwa 200 m über dem Meer an einem kleinen Stück Tundra unterhalb eines Schneefeldes in vegetationsloser Steinwüste verleitet ein Meerstrandläufer. Dort gibt es weder Tiere noch Tierspuren, außer einem Eissturmvogelriss.

Thorshühnchen (*Phalaropus fulicarius*) kommen zerstreut vor. In Ny Ålesund gab es mindestens 3 Paare. Sie waren teilweise auf dem Fjord, teilweise auf der Lagune oder auf kleineren Tümpeln zu sehen. Manche balzten.

Skua (*Stercocarius skua*) waren selten. Ein Exemplar war am Kongsfjordneset, drei flogen sehr hoch über der Ragna Hytta nach Westen.

Schmarotzerraubmöwen (*Stercocarius parasiticus)* waren dagegen häufig. Sie brüteten in der Tundra. Die allermeisten Vögel gehören der hellen Phase an. Einige Nester am Kvadehuken, Mörebekk und in der Nähe der Ragna Hytta wurden gesehen. Sie greifen zum Teil Menschen an. Am Bayelva etwa 2 km landeinwärts brüteten ein Paar der hellen und der dunkle Phase (das ♂ (?) war aggresiv) direkt am Fluss. Sie sind aber sehr scheu. Die Fluchtdistanz beträgt etwa 150 m. Am 26. Juli war bei dem Paar an der Bayelva noch ein weiterer heller Vogel, der aber nicht verleitet und angreift, aber auch nicht weg fliegt.

Eismöwen (*Larus hyperboreus*) sind häufig am Meer. Die Vögel variieren sehr in ihrer Größe (zwischen Silber- und Mantelmövengröße). Zwei Paare brüten am Steilabfall der Steinflaen oberhalb der großen Seevogelkolonie in etwa 200 m Höhe. Am 31. Juli sind Trupps bis zu 30 Exemplaren

mit einem Jungtier an der Mündung des Bayelva. Einer der Vögel war eine

Mantelmöve (*Larus marinus*). Diese sind selten, ebenso wie die

Elfenbeinmöve (*Pagophila eburnea*). Nur eine wurde am 22. Juli hoch über dem Bayelva gesehen und flog nach Westen.

Dreizehenmöven (*Rissa tridactyla*) sind dagegen überall sehr häufig (siehe Abbildung 7.33). Sie brüten anscheinend nicht mit anderen Seevögeln zusammen. Eine große Kolonie soll sich zwischen dem Kongsvegen und der Tyskerhytta befinden (dort waren Anne und Peter untergebracht).

Küstenseeschwalben (*Sterna paradisea*) sind ebenfalls häufig, Kolonien gibt es überall entlang der Küsten und in der küstennahen Tundra. Die größte befindet sich am Ortsrand von Ny Ålesund mit etwa 30 Paaren.

Dickschnabellummen (*Uria lomvia*) sind häufig am Meer

Gryllteisten (*Cephys grylle mandtii*) sind ebenfalls häufig am Meer oder nahe der Küste. Man sieht sie auch zwischen Eisschollen schwimmen.

Papageientaucher (*Fratercula arctica naumanni*) sind häufig,

Krabbentaucher (*Plautus alle*) sehr häufig am Meer. Letztere brüten in fast jeder größeren Felswand am Meer oder in den Bergen (bis zu 25 km im Inland). Oft fliegen Trupps von bis zu 100 Exemplaren sehr hoch ins Inland (besonders von Ragna Hytta nach Osten). In der Tundra und an der Küste findet man viele Risse dieser Vögel.

Besonders interessant sind die **Seevogelkolonien** (siehe Abbildung 7.33). Man erkennt sie schon von weitem durch die grünen Vegetationszonen unter den Felsen und auf den Felsvorsprüngen. In einer etwa 200 m hohen Wand eines etwa 600 m hohen Berges vier km nordöstlich von Ragna Hytta etwa 2.5 km landeinwärts gab es eine Kolonie mit Krabbentauchern, Eissturmvögeln und einigen Papageientauchern. An der Nordwand des Zeppelinfjellet bei Ny Ålesund war eine Krabbentaucher-Kolonie, am Steilabfall der Steinfläen Tausende von Eissturmvögeln und Krabbentauchern, hunderte von Gryllteisten und Papageientauchern und mindestens zwei Paare von Eismöven. In den Felsen oberhalb des Hotellneset bei Longyearbyen waren Tausende von Krabbentauchern, einzelne Eissturmvögel und Dickschnabellummen und Gryllteisten. An den Felswänden am Eingang des Björndalen war ebenfalls eine Kolonie mit tausenden von Krabbentauchern. Am Steilabfall des Fuglefjellet, direkt am Isfjorden, war eine Kolonie mit tausenden von Krabbentauchern, hunderten von Dickschnabellummen und einem Papageientaucher auf einem Felsband in der Mitte der Wand etwa 100 m über dem Meer. Die Krabbentaucher sitzen zum Teil in Geröllfeldern.

Eine **Wacholderdrossel** (*Turdus pilaris*) wurde am 6. Juli tot am Hukbogen als Strandgut gefunden.

Schneeammern (*Plectrophenax nivalis*) sind in den Ortschaften, bei Hütten und in steinigem Gelände häufig. Sie brüten in Halbhöhlen. In Ny Ålesund gab es mindestens 12 Paare: Sechs Nester wurden am 5. Juli und am 10. Juli mit 4-7 Jungen beziehungsweise Eiern gefunden. Die Nester befinden sich bis zu 4 m über dem Boden an Häusern, auf dem Boden unter einer Holztreppe und im Boden in einer mit Schutt aufgefüllten Grube, etwa 20 cm tief. Die ersten Familien mit flüggen Jungen sah Bernd-Ulrich am 22. Juli in einem alten Bergwerk westlich von Nilsebu. Am 1. August waren mindest drei Familien in Stuphallet am Fuß der Steinflaen zu sehen, weitere zwischen Ny Ålesund und dem Lan-

deplatz für Flugzeuge, bei Geopol, bei Gooseby, und am Storvaten. Auch im Kohlehafen von Longyearbyen war eine Familie. Die Familien bestanden aus bis zu fünf Jungen, meistens zwei bis vier.

11.5.13 Muster auf Böden des Kvadehuk

Nach Kessler and Werner (2003) kommen die polygonen Muster der Böden, die man auf Kvadehuk findet (siehe Abbildung 7.20), zustande, indem Frost diskrete Eislinsen im Boden bildet, wenn er in der Nähe der Oberfläche gefriert. Das führt zu seitlichem Sortieren und Drücken. Die Erde nahe der Oberfläche dehnt sich aus, weil das Wasser zu den Eislinsen fließt, während sie gebildet werden, und in einem geringen Maß, weil sich das Wasser ausdehnt, während es gefriert. Die größer werdenden Eislinsen drücken die Steine nach außen und entwässern und komprimieren die Erde darunter. Wenn der Zwischenraum zwischen Steinen und Boden geneigt ist, werden Steine und Boden seitlich verschoben. Beim Tauen des Bodens nimmt der verdichtete Boden wieder Wasser auf und dehnt sich vertikal, nicht horizontal aus. Deshalb wird die seitliche Verschiebung des Bodens durch Frost nicht rückgängig gemacht. Da erdreiche Stellen sich stärker verdichten können, wird Erde zu diesen Stellen transportiert.

Andere Prozesse sind auch beteiligt, aber zyklisches Frieren und Auftauen bewirken, dass erdreiche Stellen mehr Erde als Steine sammeln.

In einem Modell konnten die Autoren die Stärke der Bindung, die Konzentration der Steine und die Neigung des Bodens so variieren, dass Kreise, Labyrinthe, Inseln, Streifen und Polygone von Steinen entstanden.

11.5.14 Weitere Daten

Hier werden weitere Daten (Abbildungen und Tabellen) und technische Angaben angegeben, auf die im Buch verwiesen wurde.

Abbildung 11.3 zeigt, dass Li^+ auch die periodische Wirkung von Lichtpulsen beeinflusst. Einzelheiten in der Legende. Auf diese Abbildung wird auf Seite 28 verwiesen.

Wüstenspringmäuse verlängern ihren Laufrad-Aktivitätsrhythmus unter Li^+ (Abbildung 11.4 und *Engelmann (1973)*).

Beim Syrischen Goldhamster gab es Tiere, die ihren Rhythmus verlängerten (von 24.01 auf 24.1 Stunden; 50, 70 bzw 90 % der Tiere bei den 3 Experimenten), verkürzten (von 24.18 auf 24.04 Stunden; 22, 17 bzw 0 % der Tiere bei den 3 Experimenten) oder nicht auf Li^+ reagierten (23.77 Stunden; 28, 13 bzw 10 % der Tiere bei den 3 Experimenten, Tabelle 11.4, Delius et al. (1984)). Insgesamt betrug bei den 110 untersuchten Tieren die Kontrollperiode 24.03 Stunden und 24.05 Stunden während der Li^+-Gaben.

Abbildung 11.5 zeigt, wie die durch Periode, Amplitude und Phase definierten Harmonischen benutzt wurden, um die ursprüngliche Durchschnittskurve ("Signal average") zu simulieren. Die Beispiele repräsentieren die Temperaturrhythmen von AG und OYA und zeigen, dass vier Harmonische genügen.

11.5.15 Zeitungs- und Zeitschriftenartikel über das Experiment

Im folgenden werden einige Zeitungs- und Zeitschriftenartikel über die Vorversuche und unser Experiment in Svalbard aufgeführt (nach Publikationsjahr geordnet). Siehe auch Abbildung 11.6.

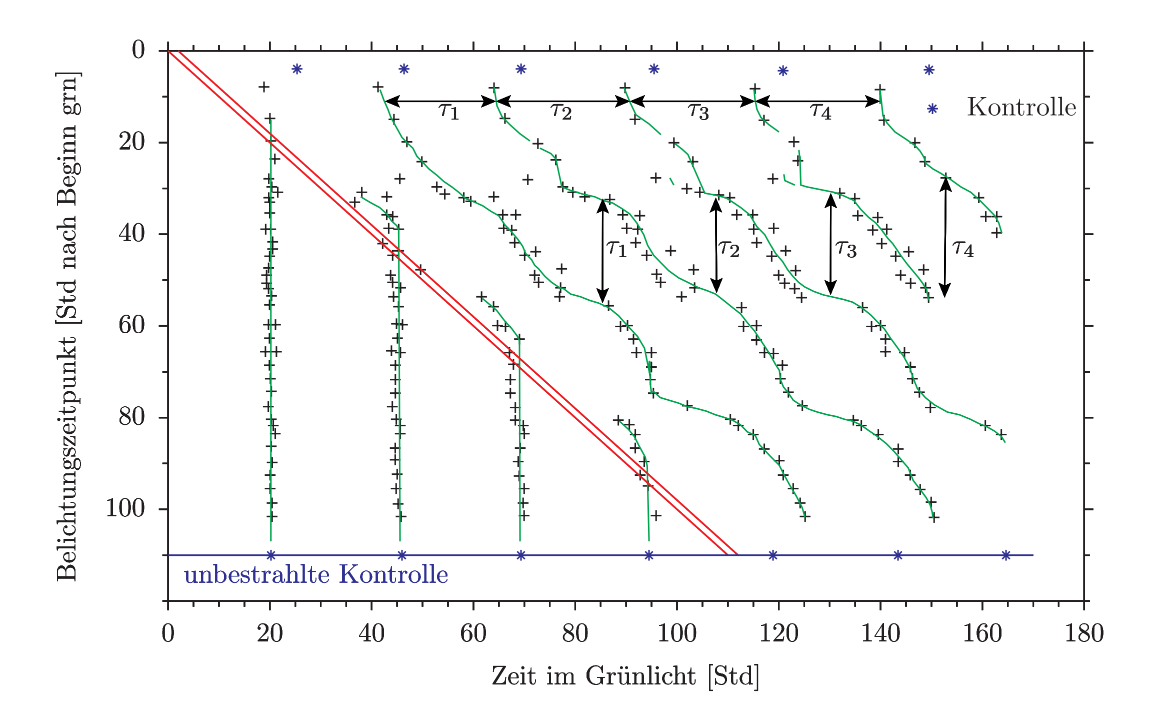


Abbildung 11.3: *In diesem (komplizierten) Experiment wurden Blüten von* Kalanchoe-*Pflanzen, die in 12:12-stündigen Licht-Dunkel-Wechsel standen, abgebrochen und in Küvetten (siehe Abbildung 1.6 links) zum Registrieren montiert. Dem Wasser wurde 3mM LiCl zugefügt. Zum Zeitpunkt 0 (x-Achse) wurden sie in schwaches Grünlicht übertragen und einer ganzen Reihe von Gruppen zu unterschiedlichen Zeiten (die auf der y-Achse angegeben und durch die rote Doppel-Linie visualisiert sind) für jeweils 2 Stunden rotes Licht gegeben. Dieses Licht verschiebt den Rhythmus der Blütenblattbewegung. Aufgetragen sind nur die Zeitpunkte der maximalen Öffnung der Blüten (schwarze Kreuze als Mittelwerte der Blüten einer Gruppe). Außerdem wurden die entsprechenden Maxima (1., 2., 3., 4. und 5.) nach dem Lichtpuls durch grüne Kurven verbunden (per Auge angepasst). Diese Kurven spiegeln die Rhythmus verschiebende Wirkung der Lichtpulse wieder. Man kann aus ihnen die Periodenlängen (τ_1, τ_2 usw) ablesen, indem die zeitlichen Abstände entsprechender Kurvenpunkte in horizontaler, aber auch in vertikaler Richtung ausgemessen werden. Die Periodenverlängerung zeigt sich bei beiden! Nach Engelmann (1973)*

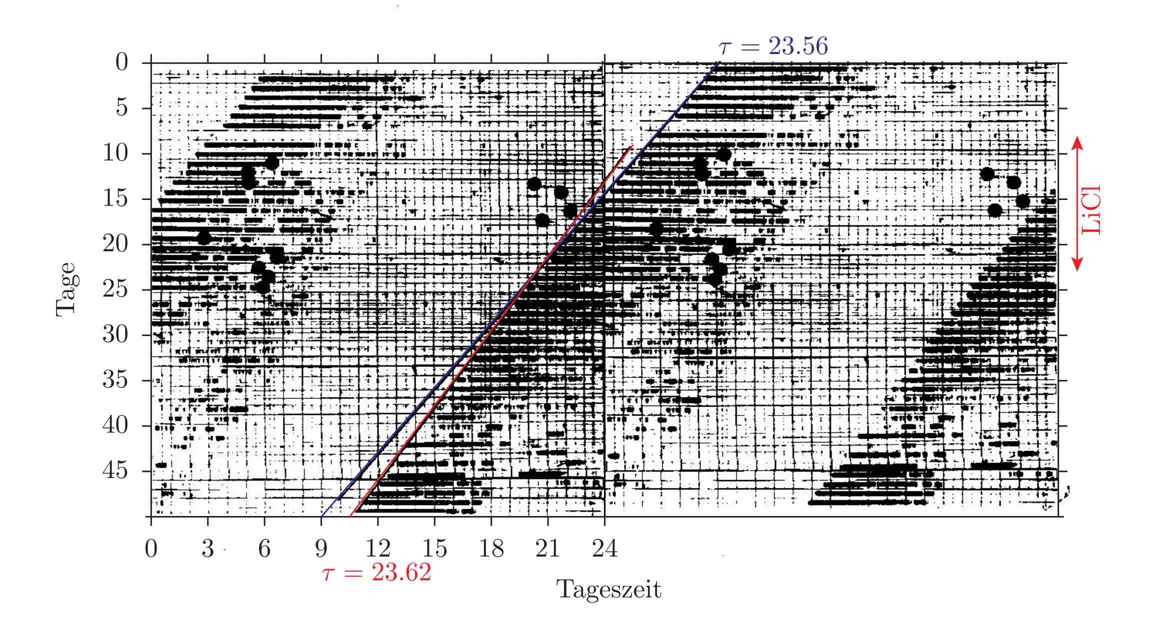


Abbildung 11.4: *Verlängerung des lokomotorischen Aktivitätsrhythmus von* Meriones crassus *durch LiCl (*2mg *in* 10ml *Wasser zu den durch schwarze Kreise markierten Zeiten). Die blaue Gerade verbindet den Beginn der Aktivität vor und zum Teil während der Li^+-Behandlung (τ ist 23.56 Stunden), die rote Gerade zeigt die Periode danach (τ ist 23.62 Stunden). Die Periode wird also um 0.06 Stunden verlängert. Doppelplot. Nach Engelmann (1973)*

Tabelle 11.4: *Wirkung von Li^+ auf die Periodenlänge der Goldhamster-Aktivität: 3 Experimente. Nach Delius et al. (1984)*

1. Experiment	Zahl der Tiere	Prozent	Kontroll-Periode	Perioden-Änderung
alle	32	100	23.89±0.04	+0.02±0.02
τ verlängert	16	50	23.91±0.04	+0.10±0.01
τ verkürzt	7	22	24.18±0.05	-0.14±0.03
τ unverändert	9	28	23.94±0.08	+0.00±0.00
2. Experiment	**Zahl der Tiere**	**Prozent**	**Kontroll-Periode**	**Perioden-Änderung**
alle	30	100	24.08±0.02	+0.04±0.02
τ verlängert	21	70	24.06±0.02	+0.09±0.01
τ verkürzt	5	17	24.18±0.09	-0.13±0.03
τ unverändert	4	13	23.10±0.00	0.00±0.00
3. Experiment	**Zahl der Tiere**	**Prozent**	**Kontroll-Periode**	**Perioden-Änderung**
alle	30	100	24.08±0.02	+0.04±0.02
τ verlängert	21	70	24.06±0.02	+0.09±0.01
τ verkürzt	5	17	24.18±0.09	-0.13±0.03
τ unverändert	4	13	23.10±0.00	0.00±0.00

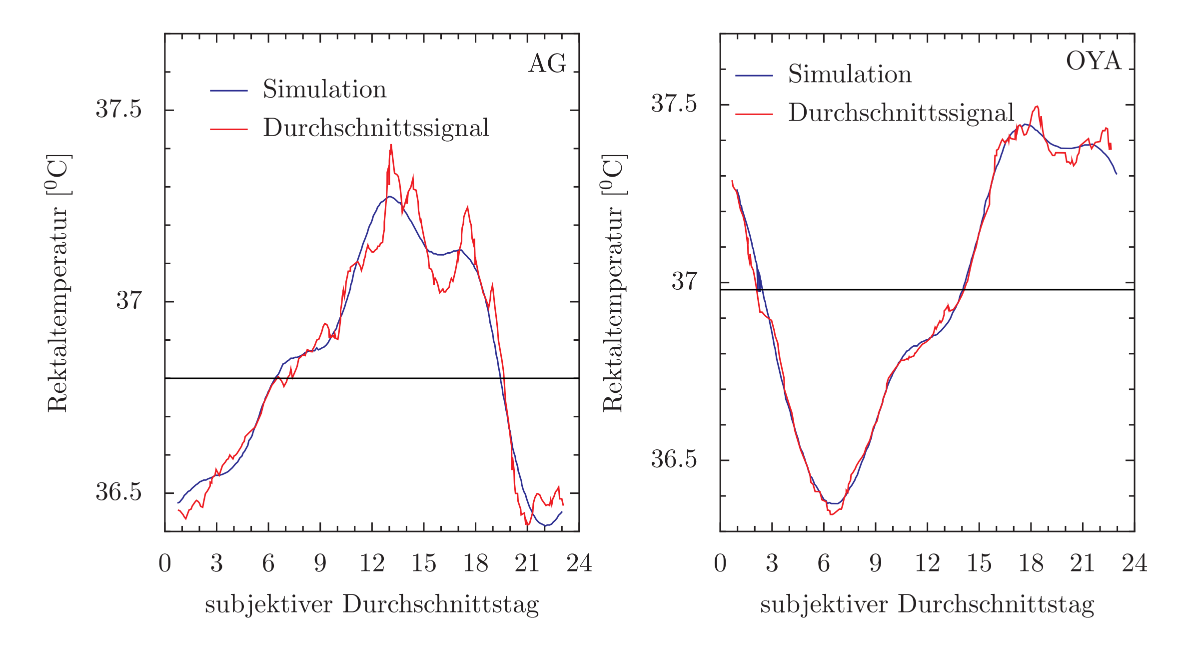


Abbildung 11.5: *Signal average Kurven (rote Kurven) der Temperatur-Rhythmen von Teilnehmer AG und OYA und ihre Simulation durch die ersten vier Harmonischen (blaue Kurven). Nach Engelmann et al. (1983)*

1. Rauch, B.: In der Arktis tickt sie langsamer. In Schwäbisches Tagblatt, 29.9.1978
2. Rauch, B.: Lithium, Biorhythmen und Depressionen. In Deutscher Forschungsdienst 26, 13.11.1979
3. Rauch, B.: Blick auf die Zeiger der inneren Uhr. In Schwäbisches Tagblatt, 1.12.1979
4. Vellykket medisin-fysiologisk undersøkelse på Svalbard. In Svalbardposten, Nr.7, Seite 7 bis 9 (1978/79).
5. Stuberg, T: Verdens nordligste by våkner hver sommer. In Adresseavisen 4/8 (1979)
6. A. Johnsson und A. Tveito Ekse: Biologiske klokker innenfor psykiatrien. In Sandoz-Informasjon 5, Seite 7 bis 9 (1979).
7. Stuberg, T: Døgnet burde vært på minst 25 timer. In Adresseavisen 13/1 (1979). About Ellinger – Mörgenthaler (with photo of both of them in front of VALHALL).
8. Mennesket: En mengde biologiske "klokker". In Dagbladet 4/6 (1980).
9. Biologiske døgnrytmer. In Forskningsnytt (Oslo), 5, Seite 17 bis 20 (1980).
10. Stuberg, T: Depresjonene kommer når kroppsrytmen forstyrres. Med sonde i endetarmen! In Svalbard-Prosjekt, Adresseavisen 9/2 (1980).
11. Biologiske klokker i utakt. In Dagbladet 4/6 (1980).
12. Lien, M.: Biologiske klokker gjør døgnet for kort. In Aftenposten 9/10 (1981).

Die „innere Uhr" von Tübingern erforscht:

Freitag, 29. September 1978

In der Arktis tickt sie langsamer

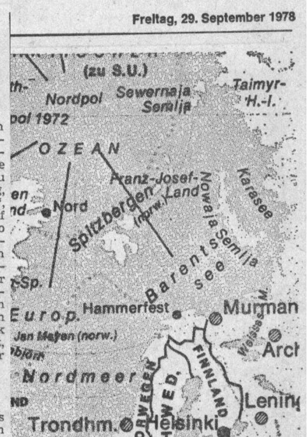
Biorhythmiker, Psychiater und Physiker untersuchen die Ursachen von Depressionen

In Ny Alesund auf Spitzbergen, der nördlichsten Siedlung der Welt, wo viele Nordpolexpeditionen ihren Ausgangspunkt hatten, begann vor fast drei Monaten für eine Tübinger Forschungsgruppe ein Experiment, das dazu führen sollte, die Ursachen endogener Depressionen (einer Gemütskrankheit, die von Zeit zu Zeit, ohne äußerlich erkennbare Ursache auftritt) besser zu verstehen. Am Morgen des 9. Juli löste sich dort ein kleines Boot von der Anlegestelle, schob sich, vorbei an treibenden Eisschollen, langsam über den Fjord und steuerte eine kleine Halbinsel an, auf der Helmut Ellinger und Fritz Mörgenthaler vier Wochen in einer abgelegenen Hütte verbringen sollten, ohne Uhr und abgeschirmt von allen äußeren Einflüssen, die ihnen die Tageszeit verraten könnten. Denn hier im arktischen Dauertag sollte erforscht werden, wie sich der Rhythmus verschiedener Körperfunktionen ändert, wenn äußere Zeitgeber wie beispielsweise der gewohnte Tag-Nacht-Wechsel wegfallen. Dieses Experiment war erster Teil eines interdisziplinären Forschungsprojektes, an dem Biologen, Psychiater und Physiker der Universität Tübingen und Trondheim beteiligt sind und das die noch ungelöste Frage klären soll, warum Lithiumpräparate bei der Behandlung von depressiven Gemütskrankheiten helfen. Ausgegangen ist man dabei von der Beobachtung, daß die Tagesrhythmik während depressiver Phasen »durcheinander« geraten ist und von der Vermutung, daß Lithium wieder zu einer normalen 24stündigen Rhythmik führt.

Teilnehmer des Seminars gingen nun daran, zu überlegen, wie diese Behauptung nachgeprüft werden könnte. Um die rhythmikverändernde Wirkung des Präparats testen zu können, brauchte es eine Umgebung, die frei ist von „äußeren Zeitgebern", die den Rhythmus immer wieder auf einen 24-Stunden-Takt zwingen. So kam man auf die Idee, das Experiment im Dauerlicht des arktischen Sommers auf Spitzbergen durchzuführen, um den „Freilauf" der menschlichen Tagesrhythmen zu erlauben. Aus verschiedenen anderen Versuchen weiß man, daß der Mensch dann weiterhin eine Tagesrhythmik zeigt, diese sich aber verlangsamt, wenn keine äußeren Zeitgeber mehr da sind.

Die Uni Trondheim hilft

Ein Vorversuch ohne Einnahme des Präparats sollte zunächst klären, in



Fünf Wochen Dauertag auf Spitzbergen:

Samstag, 1. Dezember 1979

Blick auf die Zeiger der inneren Uhr

Tübinger Forschungsprojekt über die Ursachen von endogenen Depressionen

Fünf Wochen lang lebten sie völlig abgeschieden in kleinen Hütten in Spitzbergen, am Rande des arktischen Eises. Lebten ohne Uhr, Radio oder Fernsehen, ohne Verbindung mit der Zivilisation. Sechs Tübinger Studenten hatten sich als Versuchspersonen zur Verfügung gestellt für ein Experiment, das dazu führen soll, die endogenen Depressionen besser zu verstehen. Nach einem Vorversuch im Juli vergangenen Jahres, der die Lebensbedingungen im arktischen Dauertag testen sollte (wir berichteten darüber) fand in diesem Sommer das eigentliche Experiment des interdisziplinären Forschungsprojektes der Universitäten Tübingen und Trondheim statt. Geklärt werden sollte die Frage, ob Lithiumsalze — als Medikament erfolgreich eingesetzt in depressiven Phasen — den inneren Rhythmus des Menschen verändern.

Hütte gebracht wurden. Dr. Engelmann: „Wir glaubten uns auf eisfreiem Gewässer. Doch innerhalb weniger Minuten waren wir von einem Meer hoher Eis-Blöcke umringt, die uns ans Land drückten. Zum Glück waren wir ganz in der Nähe des Ufers, so daß wir uns mit einem Sprung an Land retten konnten, sonst hätten uns die Eisschollen in dem kleinen Boot zusammengedrückt." Aber am Ufer war man auch eingeschlossen, denn inzwischen hatte das Tauwetter einge-

deutscher forschungsdiens

03262

BERICHTE AUS DER WISSENSCHAFT

13. November 1979 - 26. Jahrgang, Nr.

ithium, Biorhythmen
nd Depressionen

Verstellt ein Medikament die "innere Uhr"? - Erfolgreiches Forschungsprojekt unter der Mitternachtssonne

Med sonde i endetarmen!

Jeg var litt skeptisk ved tanken på å gå rundt med en sonde i endetarmen i fire uker! Og i tillegg slepe med seg et apparat som skulle registrere bl.a. temperatursvingningene. Men etter noen dager merket vi knapt ubehag i det hele tatt, sier en av de norske deltagerne i «klokke-prosjektet» i Ny-Ålesund, vitenskapelig assistent Aud Tveito Ekse ved Fysisk institutt, Norges lærerhøgskole.

— De første 14 dagene var vi fullstendig i villrede om det var dag eller natt. Vi mistet døgnfølelsen i Svalbardnaturen, og fulgte i stedet kroppens egen rytme.

— Den siste uken forsto vi når det var dag og natt. Den korte sommeren var på hell, og vi begynte å merke døgnforskjellene. Blant annet ble det nå varmere på dagtid enn om natten. I startfasen sto solen omtrent like høyt på himmelen døgnet rundt, slik at det faktisk var umulig å orientere seg. Men likevel fulgte rytmene våre biologiske klokker hele tiden!

— Vi følte ikke isolasjonen som noen belastning. Oppholdet ble nærmest en lang og god ferie for oss. Været var også utrolig fint, slik at vi ofte var ute på vandringer. Det hele var en fantastisk opplevelse. Men da vi kom tilbake til Norge, fikk vi et slags «sivilisasjonssjokk», sier Aud Tveito Ekse.



— Resultatene fra Svalbard-forsøkene er interessante. Detaljene skal publiseres i forskningsmiljøene i tiden som kommer, sier professor Anders Johnsson og vit. ass. Aud Tveito Ekse, som har deltatt i bearbeidelse av data fra forsøket.



Gåten om de biologiske klokker løses:

Depresjonene kommer når kroppsrytmen forstyrres

Tekst og foto: TORE STUBERG

— Vår hypotese er styrket. Vi vet mer om de biologiske klokker, og vi har fått

formålet å finne ut mer om forstyrrelser i våre biologiske klokker kanskje kan ligge bak en del former for depresjoner. Kan enkelte depresjoner helt enkelt skyldes at klokkesystemet er satt ut av funksjon?

— Men først, professor Johnsson — hva er egentlig biologiske klokker?

— Mennesket har innebygget svingninger, rytmiske prosesser i kroppen. Eksempler er en stadig veksling mellom ro og

sivt middel) i en periode. Når deltagerne fikk litium i kroppen, ble de rytmiske prosessene forlenget med ca. en time — til omtrent 26 timer.

Denne effekten av litium synes å være nokså generell. Man har siden 1973 funnet at litium forlenger perioden til døgnrytmer i en del planter og dyr. Nå kunne vi for første gang vise at forlengelsen også finnes hos mennesket. Det *kan* tyde på at samme,

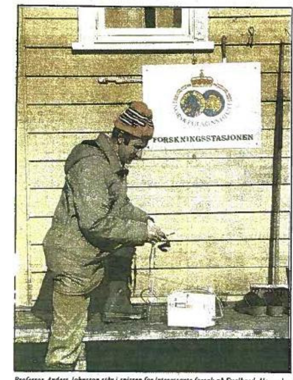
sive psykoser.

Det har i de siste årene vært kjent at litium-preparater hjelper mot visse former for depresjoner. Vi tror at depresjoner kan oppstå fordi kroppsrytmene er blitt forstyrret. Enkelt sagt oppstår det depressive «faser» når rytmene kommer i utakt, og litium kan kanskje virke ved å koble dem sammen igjen.

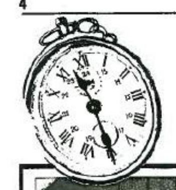
Verdens nordligste by våkner hver sommer

Kalvede isfjell seiler sakte forbi oss på den speilblanke Kongsfjorden. Den skjærer seg inn på nordvestsiden av Spitsbergen og møter Kongsbreen der tindene reiser seg majestetisk. Vi er i verdens nordligste by, Ny-Ålesund på 79 grader nordlig bredde. Her smalt det i grubene for 17 år siden, over tyve mennesker mistet livet i Kings Bay. Da «døde» også Ny-Ålesund. Et samfunn på 300 mennesker måtte dra vekk, en regjering falt. Men nå puster byen igjen — sommers tid. Under midnattsolen arbeider polarforskernes hjerner. Nå er det akademikerne som rusler rundt ved perlen i polaregnen, grubene er stengt og slusken vil aldri komme hit mer.

4 — UKE-ADRESSA



Professor Anders Johnsson står i spissen for interessante forsøk på Svalbard. Her er han fotografert utenfor polarinstituttets forskningsstasjon i Ny-Ålesund. Han viser noen av instrumentene fra årets forsøk der litiums innvirkning på menneskets biologiske klokker ble studert.



Vår biologiske klokke går galt:

Døgnet burde vært på minst 25 timer

— Døgnet burde ha hatt minst 25 timer!
I en hektisk arbeidsperiode vil vel mange av oss nikke samtykkende. Men professor Anders

«Biologiske klokker» kan gi depresjoner

● Føler du deg utilpass om dagen? Ute av humør? Kanskje du plages av depresjoner?

kunne påvirke deres naturlige døgnrytme.

Fra en sonde i endetarmen gikk informasjoner om svingningene i kroppstemperaturen

Depresjoner

— Hva skal undersøkes til sommeren?

— Det viktigste aspekt ved forsøkene kommer nå inn i bil-

Abbildung 11.6: *Einige Zeitungsausschnitte über unsere Versuche in Spitzbergen*

13. Johnsson, A. und Engelmann, W.: Døgnvillhet på Svalbard. In Forskningsnytt (Oslo), Nr. 7-8, Seite 54 bis 55 (1982).

14. Ekse, A. T.: Døgnrytmer hos mennesker uten klokke. Forsøk på Svalbard sommeren 1978 og 1979". In Fysikkens Verden 44, Seite 33 bis 35, (1982).

15. Naturvitenskap og polarforskning. In Fysikkens Verden 2 (1986).

16. Den indre klokken. In UNIT-Nytt 6, (1986).

17. Geetha, L. und Johnsson, A.: Klokker uten tidssignaler. In Fysikkens Verden 3, Seite 69 bis 75, (1998).

11.5.16 Technische Bemerkungen

Im folgenden werden technische Daten des Messgerätes beschrieben (siehe Seite 168): Temperaturbereich 35-40° C, entspricht 000-999; Genauigkeit und Linearität des Temperatursensors und Auflösung des Ausdrucks besser als 0.005° C, Reproduzierbarkeit besser als 0.008° C, Absolutanzeige kalibrierbar, Genauigkeit des A/D-Umwandlers 0.1 %±1Stelle, Uhrfrequenz 4.2 kHz, Druckzyklus 512 sek (wahlweise 256, 1024), Druckzeit einer Zeile ca. 0.8 sek, Spannungsversorgung eine 9 V Kompaktbatterie (Alkali/Mangan), 4 1.5 V Mignon-Batterien, Strombedarf 0,5 mA für 9 V, 259 mA für 1.8 sek pro Druckzyklus für die 4 1.5 V Batterien. Größe des Gerätes $190 * 120 * 110$mm, Gewicht 1.4 kg, Größe der Sonde $25 * 7$mm (zylindrisch). Druckpapier in Papierläden erhältlich.

Der Temperatursensor gibt eine Spannung ab, die zur Temperatur proportional ist und 10 mV/°K beträgt. Er enthält außerdem eine temperaturstabile Referenzspannung und einen Operationsverstärker. Durch eine externe Schaltung kann die gewünschte Nullpunktlage und der Skalierungsfaktor der Ausgangsspannung eingestellt werden. Die von uns gewählte Schaltung erzeugte bei 35° C eine Ausgangsspannung von 0 und bei 40° C von 1 V. Die Anzeige war also auf den physiologisch interessanten Bereich beschränkt. Dadurch war die Anzeige außerordentlich empfindlich (siehe Pegelanpassung im Blockschaltbild). Die Messspannung wird über ein Kabel von der Rektalsonde an einen Analog-Digital-Wandler geleitet. Er wandelt die ursprünglich analoge Temperaturinformation in ein dreistelliges BCD-Format um. Die Auflösung der Temperatur beträgt damit 0.005 K (Kelvin).

Das Aktometer zum Messen der Armbewegung und die Schalterfunktion werden im folgenden beschrieben:

Ein Quecksilberschalter befindet sich in einer Kunststoffdose, die am Handgelenk wie eine Uhr getragen wird.

Wird der Arm bewegt, schließt und öffnet sich ein Kontakt. Diese Ein-Aus-Signale wurden in Pulse umgeformt und in einen Binärzähler geleitet. Ein Prioritäts-Dekoder sorgte für eine logarithmische Kennlinie dieses Aktivitätszählers. Die Information über die Körperaktivität wird als einstellige BCD-Zahl gespeichert und reicht von 0 bis 16 (0 1 2 3 bis 9 ? = ; : < >).

Als Zeitinformation wurde nicht die tatsächliche Uhrzeit ausgedruckt, sondern ein fortlaufender vierstelliger Numerator. Er wurde von einem Quarz-Taktgenerator alle 512 sek erzeugt. Zusammen mit der Ablaufsteuerung lieferte er alle erforderlichen Steuersignale.

Um den Drucker anzusteuern, mussten die in paralleler Form vorliegenden BCD-Format-Daten gemultiplext werden. Die Steuersignale für den 8 in 1 Multiplexer lieferte die Druckerelektronik.

Die Ablaufsteuerung sorgte dafür, dass Mess- und Druckvorgang vollautomatisch ab liefen. Während der Messpausen waren alle Funktionsgruppen stromlos. Sie wurden zusammen mit der Strom-zehrenden Druckerelektronik eingeschaltet. Danach werden die aktuellen Messwerte übernommen und in einer Zeile ausgedruckt.

Temperatur- und Aktivitäts-Aufnehmer, Taktgenerator, Ablaufsteuerung und Numerator-Erzeugung wurden durch eine 9 V-Kompaktbatterie mit Strom versorgt. Vier 1.5 V Babyzellen versorgten den Multiplexer, die Druckerelektronik sowie den Druckermotor. Durch das Abschalten zwischen den Messungen und durch stromsparende CMOS-Bausteine konnten die

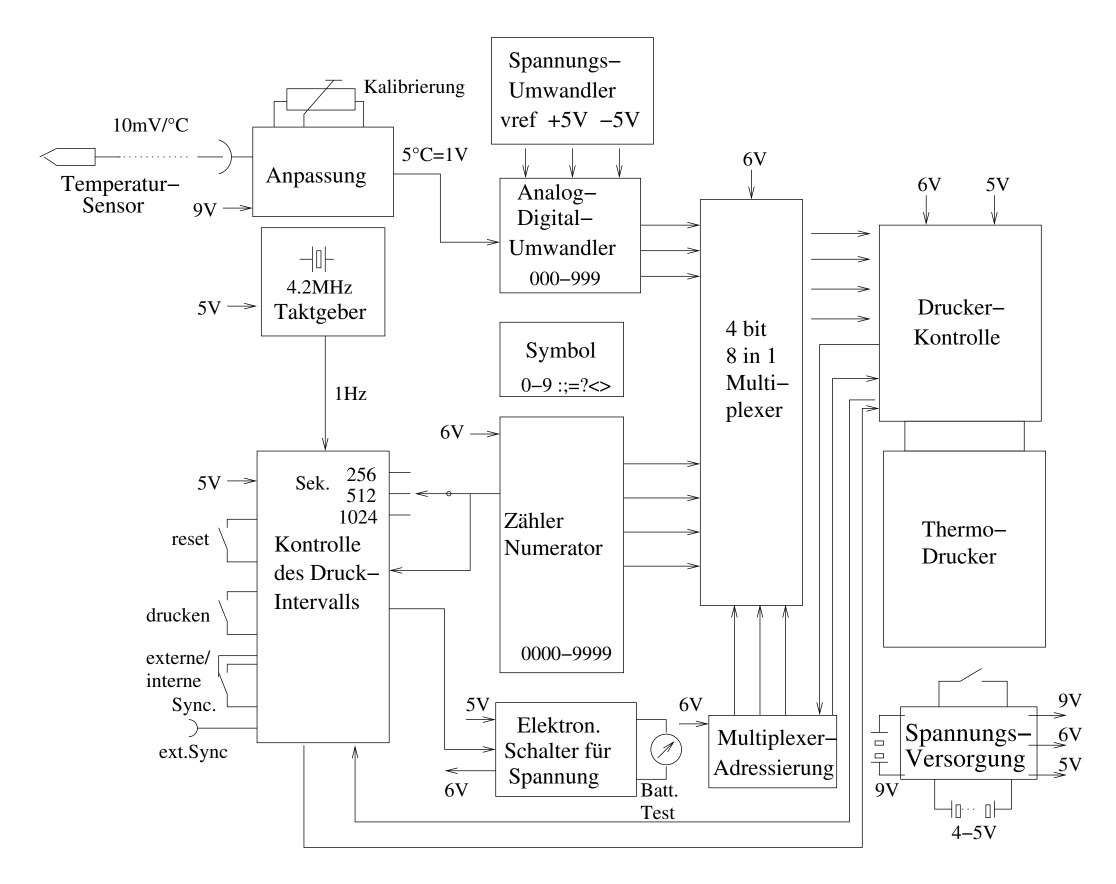


Abbildung 11.7: *Funktionsdiagramm des Messgerätes DE101 von Waldemar Himer. Rektale Temperaturmessung mit Temperatursensor (monolithischer Temperatur-Transducer LX 5700 AH der Firma National Semiconductor, in kleine Kunststoffkapsel eingegossen). Mit diesem integrierte Schaltkreis kann die Temperatur hoch präzise und auf einfache Weise gemessen werden. Näheres im Text*

Geräte im Dauerbetrieb mindestens vier Wochen laufen.

Es gab nur wenige Bedienungselemente: Der Hauptschalter wird zu Beginn des Versuches betätigt und leitet die Registrierung ein. Außerdem gab es noch einen Drucktaster. Mit ihm konnte jederzeit der Momentanwert von Temperatur und Aktivität ausgedruckt werden.

Literaturverzeichnis

Die Zahl(en) hinter der Referenz (und auch den Einträgen des Index) beziehen sich auf die Seite(n). Mit einem geeigneten pdf-Leseprogramm springt man nach einem Mausklick auf die Zahl an die Seite

S. Argyropoulos and S. Wilson. Sleep disturbances in depression and the effects of antidepressants. *Int Rev Psychiatry*, 17:237–245, 2005. 128

M. Bauer, M. Adli, C. Baethge, A. Berghöfer, J. Sasse, A. Heinz, and T. Bschor. Lithium augmentation therapy in refractory depression: clinical evidence and neurobiological mechanisms. *Can J Psychiatry*, 48:440–448, 2003. 129

F. Benedetti, B. Barbini, E. Campori, M. C. Fulgosi, A. Pontiggia, and C. Colombo. Sleep phase advance and lithium to sustain the antidepressant effect of total sleep deprivation in bipolar depression: New findings supporting the internal coincidence model? *J Psychiatr Res*, 35: 323–329, 2001. 137

F. Benedetti, A. Serretti, C. Colombo, B. Barbini, C. Lorenzi, E. Campori, and E. Smeraldi. Influence of CLOCK gene polymorphism on circadian mood fluctuation and illness recurrence in bipolar depression. *Am J Med Genet B*, 123B: 23–26, 2003. 128

F. Benedetti, A. Serretti, C. Colombo, C. Lorenzi, V. Tubazio, and E. Smeraldi. A glycogen synthase kinase 3-beta promoter gene single nucleotide polymorphism is associated with age at onset and response to total sleep deprivation in bipolar depression. *Neurosci Lett*, 368:123–126, 2004. 132

F. Benedetti, B. Barbini, C. Colombo, and E. Smeraldi. Chronotherapeutics in a psychiatric ward. *Sleep Med Rev*, 11:509–522, 2007. 137

A. Borbély. Sleep regulation: Circadian rhythm and homeostasis. In D. Ganten and D. Pfaff, editors, *Sleep. Clinical and experimental aspects.*, Current topics in Neuroendocrinology 1. Springer, Berlin, 1982. 127, 128

A. A. Borbély and P. Achermann. Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *J Biol Rhythms*, 14:557–568, 1999. 137

E.-L. Brakemeier, C. Normann, and M. Berger. Ätiopathogenese der unipolaren Depression. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz. Schwerpunkt Depression*, 51: 379–391, 2008. 19

G. Brancaleoni, E. Nikitenkova, L. Grassi, and V. Hansen. Seasonal affective disorder and latitude of living. *Epidemiol Psichiatr Soc*, 18:336–343, 2009. 119

W. E. Bunney and B. G. Bunney. Molecular clock genes in man and lower animals: Possible implications for circadian abnormalities in depression. *Neuropsychopharmacol.*, 22:335–345, 2000. 128, 129, 132

E. Bünning. Die endogene Tagerhythmik als Grundlage der photoperiodischen Reaktion. *Ber Dtsch Bot Ges*, 54:590–607, 1936. 28, 124

J. F. J. Cade. Lithium salts in the treatment of psychotic excitement. *Medical Journal of Australia*, 2:349–352, 1949. 33

C. Davis and R. D. Levitan. Seasonality and seasonal affective disorder (SAD): An evolutionary viewpoint tied to energy conservation and reproductive cycles. *J Affect Disord*, 87:3–10, 2005. 120

K. Delius, M. Günderoth-Palmowski, I. Krause, and W. Engelmann. Effects of lithium salts on the behaviour and the circadian system of *Mesocricetus auratus* W. *J Interdisc Cycle Res*, 15: 289–299, 1984. 125, 161, 163

C. G. DeYoung, L. Hasher, M. Djikic, B. Criger, and J. B. Peterson. Morning people are stable people: Circadian rhythm and the higher-order factors of the Big Five. *Pers Individ Differ*, 43: 267–276, 2007. 127

M. E. Dokucu, L. Yu, and P. H. Taghert. Lithium- and valproate-induced alterations in circadian locomotor behavior in *Drosophila*. *Neuropsychopharmacology*, 30:2216–2224, 2005. 132

M. Downes and C. Liddle. Look who's talking: Nuclear receptors in the liver and gastrointestinal tract. *Cell Metab*, 7:195–199, 2008. 137

D. L. Dunner. Correlates of suicidal behavior and lithium treatment in bipolar disorder. *J Clin Psychiatry*, 65 Suppl 10: 5–10, 2004. 137

C. Eastman, M. A. Young, L. F. Fogg, L. Liu, and P. M. Meaden. Bright light treatment of winter depression: A placebo-controlled trial. *Arch Gen Psychiatr*, 55:883–889, 1998. 127

D. Eckhardt, P. Reinhard, W. Engelmann, and B. Pflug. Effect of a putative antidepressant, rolipram, on the circadian running wheel activity of a day-active chipmunk, *Eutamias sibiricus*. *Pharmacopsychiatria*, 16:86–89, 1983. 127

I. Edery. Circadian rhythms in a nutshell. *Physiol Genom*, 3:59–74, 2000. 121

C. L. Ehlers, E. Frank, and D. J. Kupfer. Social zeitgebers and biological rhythms. A unified approach to understanding the etiology of depression. *Arch Gen Psychiat*, 45:948–952, 1988. 128

W. Engelmann. A slowing down of circadian rhythms by lithium ions. *Z Naturf*, 28c:733–736, 1973. 25, 26, 161, 162, 163

W. Engelmann. Effects of lithium salts on circadian rhythms. In A. Halaris, editor, *Neuropsychiatric disorders and disturbances in the circadian system of man*, pages 263–289. Elsevier, 1987. 28, 37, 124, 125, 127

W. Engelmann. *Unsere inneren Uhren - Biologische Zeitmessung bei Menschen und anderen Säugern.* http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:21-opus-37733, 2009. 142

W. Engelmann, A. Johnsson, and H. G. Karlsson. Phase shifts in the *Kalanchoe* petal rhythm caused by light pulses of different duration. A theoretical and experimental study. *Int J Chronobiol*, 1: 147–156, 1973. 37

W. Engelmann, I. Bollig, and R. Hartmann. Wirkung von Lithium-Ionen auf

zirkadiane Rhythmen. *Arzneimittelforschung (Drug Res.)*, 26:1085–1086, 1976. 27, 29, 30, 124

W. Engelmann, B. Pflug, W. Klemke, and A. Johnsson. Lithium-induced change of internal phase relationship of circadian rhythms in humans and other observations. In T. A. Wehr and F. K. Goodwin, editors, *Circadian rhythms in psychiatry*, pages 89–107. Boxwood Press, Pacific Grove, California, 1983. 114, 115, 116, 164

R. R. Fieve. Lithium: An overview. In G. D. Burrows, editor, *Handbook of studies on depression*, pages 217–227. Elsevier Science Ltd, Amsterdam, 1977. 32

R. R. Fieve. Lithium therapy at the millennium: a revolutionary drug used for 50 years faces competing options and possible demise. *Bipolar Disord*, 1:67–70, 1999. 137

E. Frank, S. Hlastala, A. Ritenour, P. Houck, X. M. Tu, T. H. Monk, A. G. Mallinger, and D. J. Kupfer. Inducing lifestyle regularity in recovering bipolar disorder patients: Results from the maintenance therapies in bipolar disorder protocol. *Biol Psychiatry*, 41:1165–1173, 1997. 128

E. Gaspar-Barba, R. Calati, C. S. Cruz-Fuentes, M. P. Ontiveros-Uribe, V. Natale, D. De Ronchi, and A. Serretti. Depressive symptomatology is influenced by chronotypes. *Journal of Affective Disorders*, 119:100–106, 2009. 127

A. Germain and D. J. Kupfer. Circadian rhythm disturbances in depression. *Hum Psychopharmacol*, 23:571–585, 2008. 127, 142

T. D. Gould and H. K. Manji. The Wnt signaling pathway in bipolar disorder. *Neuroscientist*, 8:497–511, 2002. 133

T. D. Gould and H. K. Manji. Glycogen synthase kinase-3: a putative molecular target for lithium mimetic drugs. *Neuropsychopharmacology*, 30: 1223–1237, 2005. 129

L. D. Grandin, L. B. Alloy, and L. Y. Abramson. The social zeitgeber theory, circadian rhythms, and mood disorders: Review and evaluation. *Clin Psychol Rev*, 26:679–694, 2006. 128

F. Gross and F. Gysin. Photothérapie en psychiatrie: actualité clinique et revue des indications. *Encephale*, 22:143–148, 1996. 120

M. Grözinger, D. G. M. Beersma, J. Fell, and J. Röschke. Is the nonREM-REM sleep cycle reset by forced awakenings from REM sleep? *Physiol Behav*, 77:341–347, 2002. 128

N. Gurvich and P. S. Klein. Lithium and valproic acid: parallels and contrasts in diverse signaling contexts. *Pharmacol Ther*, 96:45–66, 2002. 129

S. Z. Han. Lithium chloride changes sensitivity of hamster rhythm to light pulses. *J interdisc Cycle Res*, 15:139–145, 1984. 125, 126

Y. Harada, M. Sakai, N. Kurabayashi, T. Hirota, and Y. Fukada. Ser-557-phosphorylated mcry2 is degraded upon synergistic phosphorylation by glycogen synthase kinase-3 beta. *J Biol Chem*, 280:31714–31721, 2005. 135

D. Healy and J. M. Waterhouse. The circadian system and the therapeutics of the

affective disorders. *Pharmacol Ther*, 65: 241–263, 1995. 129, 142

T. Heyerdahl. *Kon-Tiki.* Rand McNally & Co. At Internet Archive, 1950. 106

T. Hirota, W. G. Lewis, A. C. Liu, J. W. Lee, P. G. Schultz, and S. A. Kay. A chemical biology approach reveals period shortening of the mammalian circadian clock by specific inhibition of gsk-3beta. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105:20746–20751, 2008. 132

V. Hisdal. *Geography of Svalbard. A short survey.* Norsk Polarinstitutt, Oslo, 1976. 142

K. Hofmann, M. Günderoth-Palmowski, G. Wiedenmann, and W. Engelmann. Further evidence for period lengthening effect of Li^+ on circadian rhythms. *Z Naturf*, 33c:231–234, 1978. 28, 30

O. C. Ikonomov and H. K. Manji. Molecular mechanisms underlying mood stabilization in manic-depressive illness: the phenotype challenge. *Am J Psychiatry*, 156:1506–1514, 1999. 132

J. W. Jacklet. Circadian timing by endogenous oscillators in the nervous system: Toward cellular mechanisms. *Biol. Bull.*, 160:199–227, 1981. 124

P. Jauhar and M. P. I. Weller. Psychiatric morbidity and time zone changes: A study of patients from Heathrow airport. *Br J Psychiatry*, 140:231–235, 1982. 128

F. N. Johnson. Lithium effects on social aggregation in the goldfish (*Carassius auratus*). *Med. Biol.*, 57:102, 1979. 125

A. Johnsson. Zur Biophysik biologischer Oszillatoren. In W. Hoppe, W. Lohmann, H. Markl, and H. Ziegler, editors, *Biophysik. Ein Lehrbuch*, pages 441–449. Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1977. 36

A. Johnsson and H. G. Karlsson. A feedback model for biological rhythms. I. Mathematical description and basic properties of the model. *J Theor Biol*, 36:153–174, 1972. 35

A. Johnsson, B. Pflug, W. Engelmann, and W. Klemke. Effect of lithium carbonate on circadian periodicity in humans. *Pharmakopsychiatr Neuropsychopharmakol*, 12:423–425, 1979. 111, 112

A. Johnsson, W. Engelmann, B. Pflug, and W. Klemke. Influence of lithium ions on human circadian rhythms. *Z Naturf*, 35: 503–507, 1980. 110, 113

A. Johnsson, P. I. Johnsen, T. Rinnan, and D. Skrove. Basic properties of the circadian leaf movements of *Oxalis regnellii*, and period change due to lithium ions. *Physiol Plant*, 53:361–367, 1981. 28

I. W. Jolma, G. Falkeid, M. Bamerni, and P. Ruoff. Lithium leads to an increased frq protein stability and to a partial loss of temperature compensation in the neurospora circadian clock. *J Biol Rhythms*, 21:327–334, 2006. 124

P. R. Joyce, R. J. Porter, R. T. Mulder, S. E. Luty, J. M. McKenzie, A. L. Miller, and M. A. Kennedy. Reversed diurnal variation in depression: Associations with a differential antidepressant response, tryptophan: Large neutral amino acid ratio and serotonin transporter polymorphisms. *Psychol Med*, 35:511–517, 2005. 128

R. Kandeler. Die Wirkung von Lithium und ATP auf die Phytochromsteuerung

der Blütenbildung. *Planta*, 90:203–207, 1970. 124

H. G. Karlsson and A. Johnsson. A feedback model for biological rhythms. II. Comparisions with experimental results, especially on the petal rhythm of *Kalanchoe*. *J Theor Biol*, 36:175–194, 1972. 35, 37

N. N. Kartaschew. *Die Alkenvögel des Nordatlantik*. Die neue Brehm Bücherei, Ziemsen Verlag, Wittenberg, 1960. 142

M. Kavaliers. Period lengthening and disruption of socially faciliated circadian activity rhythms of goldfish by lithium. *Physiol Behav*, 27:625–628, 1981. 125

M. Kegel, H. Dam, F. Ali, and P. Bjerregaard. The prevalence of seasonal affective disorder (sad) in greenland is related to latitude. *Nord J Psychiatry*, 63:331–335, 2009. 119

M. A. Kessler and B. T. Werner. Self-organization of sorted patterned ground. *Science*, 299:380–383, 2003. 161

R. C. Kessler. Epidemiology of women and depression. *J Affect Disord*, 74:5–13, 2003. 135

P. S. Klein and D. A. Melton. A molecular mechanism for the effect of lithium on development. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 93:8455–8459, 1996. 129

H. Klemfuss. Rhythms and the pharmacology of lithium. *Pharmacol Ther*, 56: 53–78, 1992. 129, 132

H. Klemfuss and D. F. Kripke. Antimanic drugs stabilize hamster circadian rhythms. *Psychiat Res*, 57:215–222, 1995. 129

C. H. Ko and J. S. Takahashi. Molecular components of the mammalian circadian clock. *Hum Mol Genet*, 15:R27–R277, 2006. 121

T. Kondo. Removal by a trace of sodium of the period lengthening of the potassium uptake rhythm due to lithium in *Lemma gibba* G3. *Plant Physiol*, 75:1071–1074, 1984. 124

D. F. Kripke. Critical interval hypotheses for depression. *Chronobiol Int*, 1:73–80, 1984. 128

D. F. Kripke, V. G. Wyborney, and D. McEachron. Lithium slows rat activity rhythms. *Chronobiologia*, 6:122, 1979. 125

D. F. Kripke, S. C. Risch, and D. Janowsky. Bright white light alleviates depression. *Psychiat Res*, 10:105–12, 1983. 127

D. F. Kripke, C. M. Nievergelt, E. Joo, T. Shekhtman, and J. R. Kelsoe. Circadian polymorphisms associated with affective disorders. *J Circadian Rhythms*, 7:2, 2009. 132, 142

R. W. Lam and R. D. Levitan. Pathophysiology of seasonal affective disorder: A review. *J Psychiat. Neurosci.*, 25:469–480, 2000. 120

R. W. Lam, D. Carter, S. Misri, A. J. Kuan, L. N. Yatham, and A. P. Zis. A controlled study of light therapy in women with late luteal phase dysphoric disorder. *Psychiat Res*, 86:185–192, 1999. 127

E. Leibenluft and E. Frank. Circadian rhythms in affective disorders. In J. S. Takahashi, F. W. Turek, and R. Y. Moore, editors, *Circadian Clocks*, volume 12, pages 625–644. Kluwer Acade-

mic/Plenum Publishers: New York, 2001. 132

R. H. Lenox and D. G. Watson. Lithium and the brain: a psychopharmacological strategy to a molecular basis for manic depressive illness. *Clin-Chem.*, 40:309–314, 1994. 142

R. D. Levitan. The chronobiology and neurobiology of winter seasonal affective disorder. *Dialogues Clin Neurosci*, 9:315–324, 2007. 120

A. J. Levitt and M. H. Boyle. The impact of latitude on the prevalence of seasonal depression. *Can J Psychiatry*, 47:361–367, 2002. 119

A. Lewy, V. Bauer, N. Cutler, R. Sack, S. Ahmed, K. Thomas, M. Blood, and J. Latham-Jackson. Morning vs evening light treatment of patients with winter depression. *Arch Gen Psychiatr*, 55:890–896, 1998. 127

K. Lindström. In memoriam of Carl Hellmuth Hertz - tribute. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 17:421–424, 1991. 35

H. L. Løvenskiold. *Avifauna Svalbardensis*. Norsk Polarinstitutt, Oslo, 1964. 142

R. Machado-Vieira, G. Salvadore, D. A. Luckenbaugh, H. K. Manji, and C. A. Zarate. Rapid onset of antidepressant action: a new paradigm in the research and treatment of major depressive disorder. *J Clin Psychiatry*, 69:946–958, 2008. 137

J. Mack. Das Multioszillatorsystem von *Drosophila*. Ein Vergleich der tagesperiodischen Steuerung der Laufaktivität und des Schlüpfens. Thesis, Universität Tübingen, 1980. 124

A. Magnusson and D. Boivin. Seasonal affective disorder: An overview. *Chronobiol Int*, 20:189–207, 2003. 119, 120

H. K. Manji and R. H. Lenox. The nature of bipolar disorder. *J Clin Psychiatry*, 61 Supp 13:42–57, 2000. 132

W. Martin, U. Kipry, and K. Brinkmann. Timesdia - Ein interaktives Programm zur Analyse periodischer Zeitreihen. *EDV in Medizin und Biologie*, 3: 90–94, 1977. 110, 112

S. Martinek, S. Inonog, A. S. Manoukian, and M. W. Young. A role for the segment polarity gene shaggy/GSK-3 in the *Drosophila* circadian clock. *Cell*, 105:769–779, 2001. 129, 135

K. Mayer. Die Wirkung von cAMP, Imidazol und 4-(3,4-Dimethoxybenzyl)-2-Imidazolidon auf die circadiane Blattbewegung von *Trifolium repens*. Zulassungsarbeit zur wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt an Gymnasien, Universität Tübingen, 1977. 21

C. A. McClung. Circadian genes, rhythms and the biology of mood disorders. *Pharmacology and Therapeutics*, 114:222–232, 2007. 122, 127

D. L. McEachron, D. F. Kripke, and M. Eaves. The interaction of lithium and time-of-day on calcium, magnesium, parathyroid hormone, and calcitonin in rats. *Psych Res*, 7:121–131, 1980. 125

D. L. McEachron, D. F. Kripke, F. R. Sharp, et al. Lithium delays the phase of running wheel rhythms but not those of pineal melatonin or SCN glucose metabolism in rats. In *13th Annual Meet. Soc. Neurosci., Boston*, 1983. 125

P. P. Mersch, H. M. Middendorp, A. L. Bouhuys, D. G. Beersma, and R. H. van den Hoofdakker. Seasonal affective disorder and latitude: a review of the literature. *J Affect Disord*, 53:35–48, 1999. 119

M. Moore-Ede, F. Sulzman, and C. Fuller. *The clocks that time us. Physiology of the circadian timing system*. Harvard University Press, Cambridge, London, 1982. 142

C. Nemeroff. The neurobiology of depression. *Sci Am*, 278:28–35, 1998. 135, 142

B. Nordnes. *Med isbjørn rundt veggene*. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 1982. 104

K. C. O'Donnell and T. D. Gould. The behavioral actions of lithium in rodent models: leads to develop novel therapeutics. *Neurosci Biobehav Rev*, 31:932–962, 2007. 129, 130

O. Oltmanns. Über den Einfluss der Temperatur auf die endogene Tagesrhythmik und die Blühinduktion bei der Kurztagpflanze *Kalanchoe blossfeldiana*. *Planta*, 54:233–264, 1960. 24

K. Östgaard, A. Jensen, and A. Johnsson. Lithium ions lengthen the circadian period of growing cultures of the diatom *Skeletonema costatum*. *Physiol Plant*, 55: 285–288, 1982. 124

S. R. Pandi-Perumal, M. Smits, W. Spence, V. Srinivasan, D. P. Cardinali, A. D. Lowe, and L. Kayumov. Dim light melatonin onset (DLMO): A tool for the analysis of circadian phase in human sleep and chronobiological disorders. *Prog Neuropsychopharm Biol Psychiat*, 31:1–11, 2007. 121

B. Pflug. Sleep deprivation in ambulatory therapy of endogenic depression. *Nervenarzt*, 43:614, 1972. 33

B. Pflug and W. Engelmann. Chronobiology of lithium–studies on healthy, middleaged women. *Pharmacopsychiatry*, 20: 181–188, 1987. 126

B. Pflug and R. Tölle. Disturbance of the 24-hour rhythm in endogenous depression and the treatment of endogenous depression by sleep deprivation. *Internat. Pharmacopsych.*, 6:187–196, 1971. 33

B. Pflug, M. Hartung, and W. Klemke. Die Beeinflussung von Befindlichkeit und Leistungsfähigkeit gesunder Versuchspersonen durch Lithiumcarbonat. *Pharmacopsychiat*, 13:175–181, 1980. 126

B. Pflug, A. Johnsson, and A. T. Ekse. Manic-depressive states and daily temperature. some circadian studies. *Acta Psychiatr Scand*, 63:277–289, 1981. 34

C. J. Phiel and P. S. Klein. Molecular targets of lithium action. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 41:789–813, 2001. 131

N. Preitner, F. Damiola, L. Lopez-Molina, J. Zakany, D. Duboule, U. Albrecht, and U. Schibler. The orphan nuclear receptor rev-erbalpha controls circadian transcription within the positive limb of the mammalian circadian oscillator. *Cell*, 110:251–260, 2002. 135

J. A. Quiroz, T. D. Gould, and H. K. Manji. Molecular effects of lithium. *Mol Interv*, 4:259–272, 2004. 134, 135

G. Rajkowska. Cell pathology in mood disorders. *Semin Clin Neuropsychiatry*, 7: 281–292, 2002. 129

J. Rauch, P. Reinhard, and W. Engelmann. Effects of lithium chloride on range of entrainment and synchronization in the cockroach *Leucophaea maderae*. *J Interdisc Cycle Res*, 17:51–68, 1986. 125

P. Reinhard. Die Wirkung von Lithium auf das circadiane Verhalten von Schaben und Hamstern in Lichtprogrammen verschiedener Periodenlängen. Thesis, Universität Tübingen, 1983. 124

P. Reinhard. Effects of lithium chloride on the lower range of entrainment in Syrian hamsters. *J interdisc Cycle Res*, 16:227–237, 1985. 124

S. M. Reppert and D. R. Weaver. Molecular analysis of mammalian circadian rhythms. *Annu Rev Physiol*, 63:647–676, 2001. 121

D. Riemann, U. Voderholzer, and M. Berger. Sleep and sleep-wake manipulations in bipolar depression. *Neuropsychobiology*, 45 Suppl 1:7–12, 2002. 137

J. Ripperger and S. A. Brown. Transcriptional regulation of circadian clocks. In U. Albrecht, editor, *The Circadian Clock*, volume 12 of *Protein Reviews*, pages 37–78. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2010. 121

L. N. Rosen, S. D. Targum, M. Terman, M. J. Bryant, H. Hoffman, S. F. Kasper, J. R. Hamovit, J. P. Docherty, B. Welch, and N. E. Rosenthal. Prevalence of seasonal affective disorder at four latitudes. *Psychiatry Res*, 31:131–144, 1990. 119

N. E. Rosenthal, D. A. Sack, J. C. Gillin, A. J. Lewy, F. K. Goodwin, Y. Davenport, P. S. Mueller, D. A. Newsome, and T. A. Wehr. Seasonal affective disorder. a description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Arch Gen Psychiatry*, 41:72–80, 1984. 119

N. E. Rosenthal, J. R. Joseph-Vanderpool, A. A. Levendosky, S. H. Johnston, R. Allen, K. A. Kelly, E. Souetre, P. M. Schultz, and K. E. Starz. Phase-shifting effects of bright morning light as treatment for delayed sleep phase syndrome. *Sleep*, 13:354–361, 1990. 127

W. J. Ryves and A. J. Harwood. Lithium inhibits glycogen synthase kinase-3 by competition for magnesium. *Biochem Biophys Res Commun*, 280:720–725, 2001. 129, 132

O. I. Rønning. *Svalbards Flora*. Norsk Polarinstitutt, 1964. 142

M. Schou. Le lithium en psychiatrie. *L'Encephale*, 60:281–295, 1971. 32

A. Serretti, F. Benedetti, L. Mandelli, C. Lorenzi, A. Pirovano, C. Colombo, and E. Smeraldi. Genetic dissection of psychopathological symptoms: Insomnia in mood disorders and CLOCK gene polymorphism. *Am J Med Genet B*, 121B: 35–38, 2003. 128

A. Serretti, C. Cusin, F. Benedetti, L. Mandelli, A. Pirovano, R. Zanardi, C. Colombo, and E. Smeraldi. Insomnia improvement during antidepressant treatment and CLOCK gene polymorphism. *Am J Med Genet B*, 137B:36–39, 2005. 128

P. J. Sharpley, A. L. and. Cowen. Effect of pharmacologic treatments on the sleep of depressed patients. *Biol Psychiatry*, 37: 85–98, 1995. 128

C.-H. Sohn and R. W. Lam. Update on the biology of seasonal affective disorder. *CNS Spectr*, 10:635–646, 2005. 120

F. G. Souza and G. M. Goodwin. Lithium treatment and prophylaxis in unipolar depression: a meta-analysis. *Br J Psychiatry*, 158:666–675, 1991. 129

V. Srinivasan, M. Smits, W. Spence, A. D. Lowe, L. Kayumov, S. R. Pandi-Perumal, B. Parry, and D. P. Cardinali. Melatonin in mood disorders. *World J Biol Psychiat*, 7:138–151, 2006. 127

V. Stambolic, L. Ruel, and J. R. Woodgett. Lithium inhibits glycogen synthase kinase-3 activity and mimics wingless signalling in intact cells. *Curr Biol*, 6: 1664–1668, 1996. 129, 132

R. Stange. *Spitzbergen - Svalbard. Wissenswertes rund um eine arktische Inselgruppe. Nützliches und Wichtiges, Natur, Geschichte, Orte und Regionen in Wort und Bild*. Verlag Stange, Rolf, 2008. 45, 142

R. Subbaraj. Effect of lithium chloride on the circadian rhythm in the flight activity of the microchiropteran bat, *Taphozous melanopogon*. *Z Naturf*, 36c:1968–1071, 1981. 28, 125

M. Terman. Evolving applications of light therapy. *Sleep Med Rev*, 11:497–507, 2007. 120

M. Terman and J. S. Terman. Light therapy for seasonal and nonseasonal depression: Efficacy, protocol, safety, and side effects. *CNS Spectr.*, 10:647–63, 2005. 127

R. J. Thresher, M. H. Vitaterna, Y. Miyamoto, A. Kazantsev, D. S. Hsu, C. Petit, C. P. Selby, L. Dawut, O. Smithies, J. S. Takahashi, and A. Sancar. Role of mouse cryptochrome blue-light photoreceptor in circadian photoresponses. *Science*, 282:1490–1494, 1998. 135

G. T. van der Horst, M. Muijtjens, K. Kobayashi, R. Takano, S. Kanno, M. Takao, J. de Wit, A. Verkerk, A. P. Eker, D. van Leenen, R. Buijs, D. Bootsma, J. H. Hoeijmakers, and A. Yasui. Mammalian Cry1 and Cry2 are essential for maintenance of circadian rhythms. *Nature*, 398:627–630, 1999. 135

G. Wahlström. Drugs which interfere with the metabolism of monoamines and biological cycles. In G. George, editor, *Bell Air Symposium No.3, Geneve*. Masson, Paris, 1968. 125

G. K. Wang and A. Sehgal. Signaling components that drive circadian rhythms. *Curr Opin Neurobiol*, 12:331–338, 2002. 132

T. Wehr and F. K. Goodwin. Biorhythms and manic-depressive illness. In *128th annual meeting of the American Psychiatric Association, Anaheim, May*, 1975. 127

T. A. Wehr and A. Wirz-Justice. Circadian rhythm mechanisms in affective illness and in antidepressant drug action. *Pharmacopsychiatria*, 15:31–39, 1982. 129, 142

D. Welsh and M. Moore-Ede. Lithium lengthens circadian period in a diurnal primate, *Saimiri sciureus*. *Biol Psychol*, 28:117–126, 1990. 126, 129

A. Westrin and R. W. Lam. Seasonal affective disorder: A clinical update. *Ann Clin Psychiatry*, 19:239–246, 2007a. 120

A. Westrin and R. W. Lam. Long-term and preventative treatment for seasonal affective disorder. *CNS Drugs*, 21:901–909, 2007b. 120

R. Wever. *The circadian system of man. Results of experiments under temporal isolation*. Springer New York, Heidelberg, Berlin, 1979. 37, 39, 142

R. Williams, W. J. Ryves, E. C. Dalton, B. Eickholt, G. Shaltiel, G. Agam, and A. J. Harwood. A molecular cell biology of lithium. *Biochem Soc Trans*, 32:799–802, 2004. 135, 136

D. Winkler, E. Pjrek, R. Iwaki, and S. Kasper. Treatment of seasonal affective disorder. *Expert Rev Neurother*, 6:1039–1048, 2006. 120

A. Wirz-Justice. The effects of lithium on the circadian system. In H. D. Lux, J. B. Aldenhoff, and H. M. Emrich, editors, *Basic mechanisms in the action of lithium*. Excerpta Medica, Amsterdam, 1982. 125

A. Wirz-Justice and I. C. Campbell. Antidepressant drugs can slow or dissociate circadian rhythms. *Experientia*, 38:1301–1309, 1982. 125

A. Wirz-Justice and R. H. V. den Hoofdakker. Sleep deprivation in depression: What do we know, where do we go? *Biol Psychiatry*, 46:445–453, 1999. 137

A. Wirz-Justice and P. Graw. Phototherapie. *Ther Umsch*, 57:71–75, 2000. 120

A. Wirz-Justice, F. Benedetti, M. Berger, R. W. Lam, K. Martiny, M. Terman, and J. C. Wu. Chronotherapeutics (light and wake therapy) in affective disorders. *Psychol Med*, 35:939–944, 2005. 137

M. Wolfersdorf. Depression und Suizid. *Zeitschrift Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 51, 2008. 32

J. C. Woolum and F. Strumwasser. Is the period of the circadian oscillator in the eye of Aplysia directly homeostatically regulated? *J Comp Physiol*, 151:253–259, 1983. 124

J. C. Wu and W. E. Bunney. The biological basis of an antidepressant response to sleep deprivation and relapse: Review and hypothesis. *Am J Psychiatry*, 147: 14–21, 1990. 137

J. C. Wu, J. R. Kelsoe, C. Schachat, B. G. Bunney, A. Demodena, S. Golshan, J. C. Gillin, S. G. Potkin, and W. E. Bunney. Rapid and sustained antidepressant response with sleep deprivation and chronotherapy in bipolar disorder. *Biol Psychiatry*, 66:298–301, 2009. 137, 138

L. Yin, J. Wang, P. S. Klein, and M. A. Lazar. Nuclear receptor rev-erbalpha is a critical lithium-sensitive component of the circadian clock. *Science*, 311:1002–1005, 2006. 135

P. X. Yuan, L. D. Huang, Y. M. Jiang, J. S. Gutkind, H. K. Manji, and G. Chen. The mood stabilizer valproic acid activates mitogen-activated protein kinases and promotes neurite growth. *J Biol Chem*, 276:31674–31683, 2001. 131

O. Östberg. Zur Typologie der circadianen Phasenlage. Ansätze einer praktischen Chronohygiene. In G. Hildebrandt, editor, *Biologische Rhythmen und Arbeit*. Springer Wien, New York, 1975. 151

W. Østreng. *Det politiske Svalbard*. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 1975. 142

Index

Glossar

Allele sind gleiche oder unterschiedliche Zustandsformen der DNA-Sequenz eines bestimmten Gens

Anomalie (griechisch Unregelmäßigkeit)

Antidepressivum (Plural Antidepressiva), hauptsächlich gegen Depressionen eingesetztes Medikament

ARNTL (Aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator-like) oder Bmal1 oder Mop3 genannt

atypische Depression Hauptmerkmale: Aufhellbarkeit der Stimmung, vermehrter Appetit, Gewichtszunahme, Hypersomnie, bleierne Schwere des Körpers, Überempfindlichkeit gegenüber Zurückweisungen. Etwa 15 bis 40 Prozent aller depressiven Störungen

AVP Arginin-Vasopressin oder Vasopressin ist ein Peptidhormon der Säuger. Es kontrolliert die Reabsorption von Substanzen in der Niere und den arteriellen Blutdruck

Azakenpaullon 1-Azakenpaullone hemmt selektiv Glykogensynthase Kinase-3 beta

BCD-Format Binary-coded decimal, also binär kodierte Dezimalzahlen, erlauben rasche Umwandlung in Dezimalzahlen zum Drucken oder Darstellen

Bioakustik Forschungsfeld der Tierstimmenforschung (Organe der Lauterzeugung und ihre Funktionen, Schallereignisse, Hörorgane und ihre Leistungen)

Blutplasma ist der flüssige Teil des Blutes, in dem die Zellen schwimmen. Es hat einen Anteil von etwa 55

CDK sind Cyclin-abhängige Kinasen, die an der Regulation des Zellzyklus, der Transkription und der mRNA Prozessierung beteiligt sind. Sie phosphorylieren Proteine an Serin- und Threonin-Aminosäureresten, wobei sie durch Cyclin aktiviert werden

chronisch (griechisch: die Zeit) kennzeichnet eine sich langsam entwickelnde oder lang andauernde Erkrankungen (mehr als vier Wochen). Einige chronische Erkrankungen, wie Epilepsie, zeigen akute Schübe (Anfälle)

chronobiotische Substanz beeinflusst das tagesperiodische System (Indoleamine, Cholinerge Substanzen, Benzodiazepine, Melatonin). Wird bei circadianen Schlafstörungen wie Jet lag, Schichtarbeit und bei Blinden angewendet

Chronotherapie Behandlung von Störungen des circadianen Systems wie zum Beispiel bei bestimmten Schlafproblemen

circadianer Rhythmus von lateinisch circa, ungefähr, und dies, Tag.

In der Chronobiologie die endogenen (inneren) Rhythmen, die eine Periodenlänge von circa 24 Stunden haben. 1959 von Halberg eingeführt

CLOCK ist circadian locomotor output cycles kaput, ein Teil des circadianen Oszillators, das mit BMAL ein Dimer bildet

comorbid gleichzeitig auftretend, z.B. Depression und Angst oder hoher Blutdruck und Diabetes

Cortex ist das neurale äußerste Hirngewebe der Säuger. Spielt eine wichtige Rolle beim Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Denken, Sprechen und Bewusstsein

Corticosterole oder Corticosteroide: Hormone wie Cortisol oder Aldosteron, die durch die Nebennierenrinde produziert werden

Cortisol ist ein Hormone der Nebennierenrinde und wird bei Stress ausgeschüttet

CRF Corticotropin releasing factor, reguliert das adrenocorticotrope Hormone (ACTH), welches die Cortisonbildung stimuliert

Cryptochrom (griechisch verborgene Farbe) blaues Licht absorbierender Farbstoff der Organismen, die u.a. Keimung, Streckung, Photoperiodismus bei Pflanzen regulieren und bei Tieren magnetische Felder empfinden. Teil der circadianen Uhr

Cytoplasma ist der von der Zellmembran eingeschlossene Teil der eukaryotischen Zelle

Diagnose Aufklärung der Ursache von Symptomen, z.B. einer Krankheit

Dimer aus zwei strukturell ähnlichen Monomeren bestehende chemische Verbindung

E-Box DNA-Sequenz oberhalb der Promotorregion eines Gens. Transkriptionsfaktoren mit einem basischen Helix-Loop-Helix Protein Motiv binden typischerweise an E-Boxen oder ähnliche Sequenzen und erhöhen die Transkription unterhalb des Gens

Elektrolyte (grieschich Bernstein, elektrisch und löslich) ist eine Flüssigkeit, die Strom in einem elektrischen Feld durch direkte Bewegung von Ionen leitet. Beispiele sind Na, K, Ca Ionen im Urin

endogen von innen, aus dem Organismus heraus. Gegensatz ist exogen, Entstehung von außerhalb

Epidermis äußerste Zelllage der Blätter und jungen Pflanzenteile

Episode Ereignis, Anfall, Schub, Zeitraum mit Krankheitssymptomatik

Ethiologie oder Äthiologie beschäftigt sich mit der Ursache von Krankheiten

Expression eines Gens ist der Vorgang, bei dem die DNA-Information zur Synthese eines Genproduktes benutzt wird. Oft sind das Proteine, aber auch bei rRNA- oder tRNA-Genen funktionelle RNA

Famulus (lateinisch) Unterassistent

Fauna (lateinisch von Faunus, Gott der Fruchtbarkeit und der Erde) Tierleben einer Region oder Zeit

Fibroblasten sind bewegliche Zellen im Bindegewebe, die eine wichtige Rolle bei der Synthese der Interzellularsubstanz spielen. Werden nach der Reifung zu Fibrozyten bewegungsunfähig

Fjord eine lange, schmale Bucht mit steilen Seiten, die in einem Eiszeittal entstand

Flora (lateinisch, Gott der Blumen) Pflanzenleben einer Region

Geografie (griechisch Erde beschreiben) beschreibt die Erde, ihre Eigenschaften, Phänomene und Bewohner

Geologie (griechisch: Erde und Lehre) ist die Wissenschaft vom Aufbau, der Zusammensetzung, Struktur, Physik und Entwicklung der Erde

Gliazelle (griechisch Leim) ist ein Sammelbegriff für strukturell und funktionell von den Neuronen abgrenzbare Zellen im Nervengewebe. Kleiner als Nervenzellen. Stützgerüst, elektrische Isolation der Nervenzellen, am Stoff- und Flüssigkeitstransport, der Informationsverarbeitung und der Homöostase im Gehirn beteiligt. Im menschlichen Gehirn gibt es etwa 10- bis 50-mal mehr Gliazellen als Neuronen; sie machen 50% der Masse aus

Glykogensynthase Kinase 3 (GSK-3) eine Serine/Threonine phosphorylierende Proteinkinase mit zwei Isoformen, alpha (GSK3A) und beta (GSK3B). Letztere am Energiestoffwechsel, an der Entwicklung von Nervenzellen und der Körperform beteiligt

Hamilton Skala bestimmt den Schweregrad eines depressiven Zustandes. Besteht aus Fragen, die der Untersucher mit einer Skala von 0 bis 4 oder 0 bis 2 auswertet, um herauszufinden, wie ausgeprägt ein bestimmtes Symptom ist (z.B. sich schuldig fühlen, Schlafstörungen, Hypochondrie oder-Selbstmordgedanken). Man erhält eine Zahl, die im Fall eines stark depressiven Patienten 25 oder höher sein kann

Heterodimere Dimere bestehen aus Homo- und Heterodimeren. Bei Homodimeren sind die beiden Monomere identisch, bei Heterodimeren unterschiedlich, aber oft sehr ähnlich

Histon-Deacetylasen (HDAC) sind Enzyme, die Azetylgruppen von der Aminosäure Lysin an Histonen entfernen; sie werden deshalb auch Lysine-Deacetylasen genannt

Homöostase (griechisch Gleich-Stand) Selbstregulation, die Fähigkeit eines Systems, durch negative Rückkopplung innerhalb gewisser Grenzen stabil zu bleiben

Hydroxytryptamin (5-HT) oder Serotonin ist ein Neurotransmitter vor allem im Verdauungstrakt, den Blutplättchen und dem Zentralnervensystem der Tiere

Hypochondrie (griechisch Gegend unter den Rippen) ist eine psychische Störung, bei der die Betroffenen unter Ängsten leiden, krank zu sein, obwohl das objektiv nicht der Fall ist

Hypophysen (grieschich der von unten anhängende Auswuchs) ist eine Hormondrüse des Gehirns, die bei neu-

roendokrinen Regulationen eine entscheidende Rolle spielt

Hypothalamus ist ein Teil des Zwischenhirns im Gebiet der Kreuzung der optischen Nerven. Medial ist der Hypothalamus durch den dritten Ventrikel begrenzt, kranial durch den Thalamus. Produziert Effektorhormone, auslösende und hemmende Hormone, verschiedene Neuropeptide und Dopamin, mit dem es die vegetativen Funktionen des Körpers reguliert

Hypothese altgriechisch hypothesis Unterstellung, Voraussetzung, Grundlage. Eine Aussage, die vermutlich gilt, aber nicht bewiesen oder verifiziert ist

Indirubin-3-Oxim hemmt Cyclin-abhängige Kinasen (CDKs) und Glykogensynthase-Kinase 3-beta (GSK-3beta) und auch Jun NH2-terminal Protein-Kinase (JNK)

Inositolmonophosphatase oder IMPase ist ein Zellenzym. Dephosphoryliert Inositolphosphat zu Inositol im Verlauf des Phosphatidyl-Inositol Signalweges. Spielt bei bipolaren Depressionen eine Rolle

Internist Facharzt für innere Medizin

Kinase Kaseinkinase1 sind Enzyme, die Phosphatgruppen von Nucleosidtriphosphat übertragen. Auf diese Art können z.B. Enzyme aktiviert werden

Knockdown von Genen bedeutet im Gegensatz zu Knockout von Genen nur ein teilweises Abschalten der Funktion eines Gens. Auf diese Weise kann die Neubildung des entsprechenden Genprodukts verringert werden

Koinzidenzmodell erklärt photoperiodische Reaktionen durch Lichtwirkung zu bestimmten Zeiten der circadianen Uhr. Bei der internen Koinzidenz steuert das Licht einen Oszillator so, dass er mit einem weiteren Oszillator in bestimmter Weise zusammenfällt.

Konidien ungeschlechtliche Keimzellen der Pilze, die kettenförmig abgeschnürt werden und der Verbreitung dienen

Konzeption medizinlateinischer Ausdruck für Empfängnis

Kurztagpflanze Pflanze, die durch Kurztage zum Blühen gebracht wird

Lagune lateinisch lacuna, See, Pfütze. Flaches Wasser, das durch sandige Sedimente (Split) oder Korallenriffe vom Meer getrennt ist

Langtagpflanze Pflanze, die durch Langtage zum Blühen gebracht wird

Latenz (lateinisch versteckt) ist die Zeit zwischen einem Ereignis und dem Beginn der Raktion, also die Verzögerungszeit

Laufrad ist eine drehbar gelagerte Vorrichtung zum Messen der Laufaktivität von Tieren

Libido (lateinisch Begehren, Lust, Trieb, Maßlosigkeit) wird in der Psychoanalyse als Begriff für psychische Energie verwendet, die mit sexuellem Trieb verbunden ist

Lithiumionen (grieschich Lithium Stein) ist ein chemisches Element mit dem Symbol Li und der Atomzahl 3. Alkalimetall der zweiten Period des Periodensystems. Leichtmetall

mit der geringsten Dichte aller festen Elemente. Bei Raumtemperatur nur in völlig trockener Luft stabil. Als Spurenelement in Form von Salz oft in Mineralwasser. Wird bei bipolaren affektiven Krankheiten, Manien, Depressionen und Clusterkopfschmerz verwendet

Lux Einheit der physiologischen (auf die subjektive Empfindlichkeit des menschlichen Auges bezogene) Beleuchtungsstärke

Manie (grieschich Raserie) ist eine affektive Krankheit und läuft meistens in Phasen ab. Antrieb und Stimmung sind während einer Manie weit über dem Normalen, Schlaf ist verkürzt

MAO-Hemmer hemmen Monoaminoxidase (MAO) und damit den Abbau biogener Amine. Als Antidepressivum verwendet

MAPK oder mitogen-aktivierte Protein (MAP) Kinase, eine Serin/Threonin-spezifische Proteinkinase. Reagiert auf externe Reize wie Mitogen, osmotischen Stress, Hitzeschock, und regulieren verschiedene Zellaktivitäten wie zum Beispiel Genexpression, Mitose, Differenzierung, Teilung und Zellüberleben/Zelltod

Max Planck Gesellschaft Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.: eine unabhängige gemeinnützige Forschungsorganisation. Sie fördert die Forschung vorrangig in eigenen Instituten

Medikation Behandlung mit einem Medikament

Melatonin wird im Pinealorgan (Zirbeldrüse, Epiphyse, Teil des Zwischenhirns) von den Pinealozyten aus Serotonin produziert

MEZ Mitteleuropäische Zeit

Mitochondrium Zellorganell, in dem durch Zellatmung Energie produziert wird

Monoamine sind Neurotransmitter und Neuromodulatoren, die aus aromatischen Aminosäuren wie Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan und den Thyroidhormonen durch Dekarboxylierung entstehen

mRNA messenger RNA oder Boten-RNA ist das RNA-Transkript des DNA-Abschnitts eines Gens. Wird während der Transkription der RNA-Polymerase synchronisiert

Mutante ein durch Mutation (qualitative oder quantitative Veränderung des genetischen Materials) verändertes Individuum

Neurotransmitter sind Substanzen, die Information von einer Nervenzelle über Kontaktstellen (Synapsen) an eine andere weiterleiten. Beispiel: Glutamat, Gamma-Aminobuttersäure (GABA), Acetylcholin, Dopamin, Serotonin

nichtinvasiv sind Prozeduren in der Medizin, bei denen Instrumente oder Katheter nicht oder nur etwas (minimal-invasiv) in den Körper eindringen

Noradrenalin oder Norepinephrin ist ein Neurotransmitter und ein Hormon. Wird durch den Körper in der Nebenniere und im Locus caeruleus des

Gehirns gebildet. Stimuliert das Herz-Kreislauf-System

NR1D1 Nuclear Receptor subfamily 1, group D, member 1, oder Rev-erb alpha genannt

Nuclear Faktor aktivierter T-Zellen NFAT ist ein Transkriptionsfaktor, der bei Immunreaktionen beteiligt ist

Orthologe Gene verschiedener Arten ähneln sich, weil sie von einem gleichen Vorfahren abstammen

Parathyroidhormon wird von der Nebenschilddrüse hergestellt und hat verschiedene physiologische Effekte

Pathophysiologie oder pathologische Physiologie beschreibt die Funktion des Körpers (griechisch Physis) unter krankhaften Veränderungen und welche Funktionsmechanismen zu der krankhaften Veränderung führen (Pathogenese)

Periode oder genauer Periodenlänge ist die Dauer einer einzelnen Schwingung

pH-Elektrode Vorrichtung zum Messen des pH-Wertes

Phasen-Response-Kurve zeigt die Richtung und Größe einer Phasenverschiebung des Rhythmus durch eine einmalige Störung (z.B. durch einen Lichtpuls)

Phasenkoinzidenz ist die Koinzidenz der Phase eines Oszillators mit der eines Umweltrhythmus (externe Koinzidenz) oder mit der eines anderen internen Oszillators (interne Koinzidenz)

Phasenlage zeitliche Beziehung zwischen einer Schwingung und einer anderen

Photoelement lichtelektrisches Halbleiter-Bauelement, das bei Belichtung einen elektrischen Strom erzeugt

Photoperiodismus ist die Fähigkeit der Organismen, die Tageslänge zu messen und je nach der Länge verschiedene physiologische Prozesse in Gang zu setzen. Siehe auch Kurztag- und Langtagpflanzen

Photorezeptoren Vorrichtung der Organismen zur Aufnahme von Licht

Phylogenie evolutionäre Entwicklung und Geschichte einer Art oder einer höheren taxonomischen Gruppierung von Organismen

Pindolol ist ein nichtselektiver Betablocker

Polymorphismus (griechisch): Auftreten einer oder mehrerer Genvariationen (das heißt, eines oder mehrerer Allele) in einer Population. Wenn die Genvariation geringer als ein Prozent ist, wird es Mutation genannt

Prolactin ist ein Hormone, das bei Säugern in den lactotrophen Zellen des Vorderlappens der Hypophyse gebildet wird. Es ist für das Wachstum der Brustdrüse während der Schwangerschaft und für die Milchsekretion während der Laktation verantwortlich. Es hat außerdem psychologische Funktionen

Promotor ist in der Genetik eine Nukleotidsequenz der DNA, die eine kontrollierte Expression eines Gens

erlaubt. Dabei interagiert sie mit bestimmten DNA-Bindeproteinen, den Transkriptionsfaktoren

Prädisposition ererbte Anlage oder Empfänglichkeit für bestimmte Krankheiten oder Symptome

Psychopharmaka (grieschich Seele und Medizin) sind Medikamente, die die Psyche eines Patienten beeinflussen und Geistes. und Nervenkrankheiten heilen oder bessern sollen

psychotrope Medikamente werden zur Behandlung psychischer Krankheiten benutzt

Ras/RSK Weg oder RAS-MAPK-Weg der Genaktivierung durch RSK2, einer Wachstumsfaktor-regulierenden CREB-Kinase (RAS ist eine Mitogenaktivierende Proteinkinase (MAPK); RSK2 gehört zur pp90RSK Familie; CREB ist zyklisches Adenosinmonophosphat Responselement-Bindeprotein

Reporterzellen, lumineszierende werden benutzt, um zum Beispiel circadiane Rhythmen leicht erkennen zu können. Dazu wird der Luciferase-Reporter Bmal1-dluc in kultivierten Zellen (zum Beispiel die menschliche U2OS-Zelllinie) benutzt und die Lumineszenzintensität gemessen

Retina ist ein Licht-empfindliches Gewebe im inneren des Auges. Durch Licht wird eine Kaskade chemischer und elektrischer Vorgänge in Gang gesetzt, die am Ende Nervenimpulse auslösen. Diese senden über die Fasern des optischen Nervs Signale zum Sehzentrum des Gehirns

Roscovitin hemmt Cyclin-abhängige Kinasen (CDKs)

Schizophrenie (griechisch: abspalten und Seele, Zwerchfell) ist eine schwere psychische Erkrankung. Störungen des Denkens, der Wahrnehmung und der Affektivität. Im stationären Bereich der Psychiatrie eine der häufigsten Diagnosen

Schmetterlingsblütler artenreiche Unterfamilie (Faboideae) der Familie der Hülsenfrüchtler (Fabaceae)

Serotonin oder Hydroxytryptamin ist ein Neurotransmitter vor allem im Verdauungstrakt, den Blutplättchen und dem Zentralnervensystem der Tiere

Signalweg Insulin/Insulin -ähnlicher Wachstumsfaktor IGF-1 (engl. Insulin-like growth factors, IGF) sind Polypeptide. Sie haben eine hohe Sequenzhomologie zu Insulin und wirken auf Wachstum und Differenzierung von Zellen. Teil eines komplexen Systems, mit dem Körperzellen mit ihrer Umgebung kommunizieren

Signalweg neurotrophe Faktoren sind extrazelluläre Signalmoleküle, die für die Entwicklung des Nervensystems und bei der Regulation von neuronalem Überleben und Tod wichtig sind

siRNA Small interfering RNA ist eine Klasse doppelsträngiger RNA aus 20-25 Nucleotiden, die bei der RNA Interferenz beteiligt ist: Sie interferiert mit der Expression eines spezifschen Gens

Slow Wave Sleep (SWS) oder Tiefschlaf besteht aus drei Stadien, die in der Schlaftiefe von 1 bis 3 zunehmen. Wechselt mit dem REM-Schlaf ab

Suizid Selbstmord

suprachiasmatischer Kern (SCN) ist eine paarig angelegte Gruppe von Zellen in einem kleinen Areal des Hypothalamus am unteren Teil des dritten Ventrikel im Gehirn der Vertebraten und Sitz der inneren Uhr, die den Tagesrhythmus steuert

Sysselman verwaltet Syssel oder Districte

Therapie (griechisch therapeia: Dienen, Pflege der Kranken) bezeichnet in der Medizin die Maßnahmen zur Behandlung von Krankheiten und Verletzungen

TIM Protein wird vom timeless or tim-Gen kodiert und gehört zu den Uhr-Genen wie auch TIM, mit dem es ein Dimer bildet

Transfektion Einbringen von Fremd-DNA in eukaryotische Zellen

Transkription lateinisch: Übertragung ist die Synthese von RNA anhand einer DNA als Vorlage. Ist wie auch die Translation, ein wesentlicher Teilprozess der Genexpression

Transkriptionsaktivatoren sind Proteine, die an DNA binden und die Transkription benachbarter Gene stimulieren

Transkriptionsfaktor ist ein Protein, das für die Initiation der RNA-Polymerase bei der Transkription von Bedeutung ist. Transkriptionsfaktoren können an die DNA (oder an andere DNA-bindende Proteine) binden und den Promotor aktivieren oder reprimieren. Allgemeine und Gewebe- beziehungsweise Zellspezifische Transkriptionsfaktoren

Translation ist das erste Stadium der Proteinbiosynthese bei der Genexpression. Die bei der Transkription entstehende messenger RNA (mRNA) wird durch das Ribosom dekodiert und eine spezifische Aminosäurekette (Polypeptid) gebildet, die sich später in ein aktives Protein faltet

Tundra (samisch tundar, Hochland, baumloses Berggebiet. Lebensraum, in dem durch niedrige Temperaturen und kurze Vegetationsperioden kein Baumwachstum möglich ist

UNESCO United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, eine Organisation für den Frieden und die Sicherheit auf der Erde

Vakuole Zellorganelle. Nimmt bei ausgereiften Pflanzenzellen meist den größten Teil der Zelle ein. Enthält den Zellsaft. Für Turgordruck verantwortlich

Valproat (VPA) stabilisiert bei psychischen Erkrankungen wie Epilepsie, Depressionen und Schizophrenie die Stimmung. Es hemmt die Histon-Deazetylase

Vertebraten Wirbeltiere

Vulnerabilitäts-Modell des Ursprungs von Psychosen. Danach sind Menschen mit einer (genetisch bedingten?) Affinität für Psychosen

besonders empfindlich auf Stress-Situationen. Oft bei empfindsamen und kreativen Menschen, die an Psychosen erkranken

Wildtyp Phänotyp der typischen Form einer Art in der Natur

Wnt-Signalweg ist einer von vielen Signaltransduktionswegen, durch die Zellen auf äußere Signale reagieren können. Nach seinem Liganden Wnt (zusammengesetzt aus Wg für Wingless, einer flügellosen Drosophila-Mutante, und Int-1) benannt, ein Signalprotein mit wichtiger Funktion bei der Entwicklung verschiedener tierischer Zellen. Dieser Signalweg ist essentiell für die normale Embryonalentwicklung

Wüstenspringmaus Asiatische Wüstenspringmaus (oder Rennmaus, Meriones crassus), ein Nager

Zeitgeber synchronisieren einen Oszillator (z.B. einen circadianen Rhythmus). Dazu gehören der Tag-Nacht-Zyklus, Geräusch, soziale Interaktionen, physische Aktivität und Uhren

Zeitreihen-Analyse umfasst statistische Methoden, um z.B. Rhythmen zu finden und zu charakterisieren